

Aus der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie
der Kliniken für Radiologie
Universität des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Reith

**Beurteilung der Gedächtnisfunktion
vor und nach Carotis-Stentangioplastie
mittels neuropsychologischer Testverfahren**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2013

vorgelegt von:
Kathrin Zercher
geb. am 14. Juli 1980 in Homburg/Saar

Tag der Promotion:

Dekan:

Prof. Dr. Michael D. Menger

1. Berichterstatter:

2. Berichterstatter:

gewidmet

meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
1.1	Zusammenfassung.....	1
1.2	Abstract.....	2
2	EINLEITUNG	3
2.1	Geschichtlicher Hintergrund.....	4
2.2	Physiologische Grundlagen.....	5
2.2.1	Die Blutversorgung des Gehirns.....	5
2.3	Die Carotisstenose.....	7
2.3.1	Risikofaktoren für eine Carotisstenose.....	8
2.3.2	Stadieneinteilung.....	9
2.4	Neuropsychologische Leistungsveränderungen.....	9
2.5	Bildgebende Verfahren zur Gefäßdarstellung.....	10
2.6	Stenosequantifizierung.....	12
2.6.1	Ergebnisse der NASCET- und ECST- Studie.....	14
2.7	Stentangioplastie.....	16
2.7.1	Interventionsvorgang.....	17
2.7.2	Medikation bei der Stent-Angioplastie.....	18
2.8	Kognitive Defizite.....	19
2.9	Gedächtnis.....	20
3	MATERIAL UND METHODE	22
3.1	Design der Studie.....	23
3.1.1	Ein- und Ausschlusskriterien.....	24
3.1.2	Durchführung der Untersuchung und Tests.....	24
3.1.3	Beschreibung der Patientengruppe.....	27
3.1.4	Die Kontrollgruppe.....	28
3.1.5	Studienprotokoll.....	29
3.1.6	Datenschutz.....	29
3.2	Tests zur Überprüfung der Ausschlusskriterien.....	30
3.2.1	Mini-Mental-Status-Test.....	30
3.2.2	Beck-Depression-Inventar.....	31

3.2.3	Edinburgh Handedness Inventory.....	32
3.2.4	Regensburger Wortflüssigkeits-Test.....	32
3.2.5	Wortschatz-Test.....	33
3.3	Ausgewählte Testmaterialien.....	33
3.4	Testmaterialien für den Bereich Primärgedächtnis.....	34
3.4.1	Zahlennachsprechen.....	34
3.4.2	Unmittelbare Wortliste.....	36
3.5	Ausgewählte Tests für den Bereich Sekundärgedächtnis.....	37
3.5.1	Verzögerte Wortliste.....	37
3.5.2	Bildertest.....	38
3.5.3	Wortpaare.....	39
3.5.4	Figurentest.....	40
3.5.5	Latentes Lernen.....	41
4	ERGEBNISSE	41
4.1	Angewandte statistische Methoden.....	41
4.2	Statistische Auswertungen der Testergebnisse.....	43
4.2.1	Prüfung der vorliegenden Ergebnisse auf Normalverteilung.....	47
4.2.2	Vergleich der Ergebnisse vor und nach Intervention.....	48
4.2.3	Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen: Patientengruppe.	48
4.2.4	Ergebnisveränderungen Patientengruppe vs. Kontrollgruppe.....	52
4.2.5	Differenzierter Ergebnisvergleich nach spezifischen Kriterien.....	53
5	DISKUSSION	58
6	LITERATURVERZEICHNIS	65
7	PUBLIKATION UND DANKSAGUNG	72
8	LEBENS LAUF	74
9	ERKLAERUNG	76
10	VERZEICHNISSE	77
10.1	Abbildungsverzeichnis.....	77
10.2	Tabellenverzeichnis.....	78
10.3	Abkürzungsverzeichnis.....	80
11	ANHANG	82

1 ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht, ob sich durch Stenting der Arteria carotis interna (ACI) die kognitive Fähigkeit der Patienten, hier speziell im Hinblick auf die Gedächtnisleistung, verbessert.

Nach der testbasierten Prüfung auf Vorliegen der definierten Ausschlusskriterien - wie z. B. einer Demenzerkrankung oder Depression - konnten in die Studie 41 rechtshändige Patienten (davon elf Frauen) mit einer angiographisch nachgewiesenen, hochgradigen (>70%), asymptomatischen Stenose der ACI (Ø88,4%) im Alter von 50 - 80 Jahren (Ø68,4 Jahre) einbezogen werden. Sie absolvierten innerhalb von 24 Stunden vor und drei Monate nach der Intervention jeweils sieben neuropsychologische Tests zur Erfassung der Gedächtnisleistung aus dem Nürnberger Altersinventar sowie Tests zur kognitiven Geschwindigkeit als Gegenstand einer weiteren Untersuchung.

Die Kontrollgruppe umfasste fünf Frauen und fünf Männer (Ø Alter 57,2 Jahre), die sich aufgrund eines inzidentiellen Aneurysmas der Arteria communicans anterior zum Coiling vorstellten. Sie wurden vom Interviewer der Patientengruppe in gleichen Zeitabständen vor und nach Intervention und mit derselben Testbatterie untersucht.

Die medizinische Versorgung der Patienten erfolgte in der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie (Universität des Saarlandes, Homburg/Saar) mittels Carotisstentangioplastie. Die Diagnostik für alle Teilnehmer der Studie beruht auf diffusions- bzw. perfusionsgewichteten Kernspintomographien und klinisch-neurologischen Untersuchungen sowohl vor als auch nach Intervention.

Eine signifikante Verbesserung der Gedächtnisleistung war in dieser Studie nur in einem Fall - bezogen auf den Stenosegrad - im Zusammenhang mit einem verbal-visuellen Test zu verzeichnen. Bei drei weiteren Tests ergaben sich sog. "grenzwertige Signifikanzen". Im Kontext mit allen Testergebnissen lässt sich für eine insgesamt signifikant verbesserte Gedächtnisleistung kein Nachweis führen.

1.2 Abstract

The present dissertation investigates a possible enhancement of the cognitive abilities of a group of patients in respect of their memory performance as a result of stenting of Arteria carotis interna (ACI).

After a test-based examination for the existence of study exclusion criteria, such as depression or dementia, a group of 41 test subjects (eleven female subjects) in the age-range of 50 - 80 years ($\bar{X}$ 68,4) with an angiographically confirmed high-degree ($\geq 70\%$) asymptomatic stenosis of the ACI ($\bar{X}$ 88,4%) could be extracted for the study. 24 h before and three months after the interventional procedure, the subjects underwent seven memory performance evaluation tests from the "Nürnberger Altersinventar (NAI)", as well as the cognitive speed tests as an additional object of study.

The control group included five female and five male subjects (age average 57,2 years), who underwent the coiling procedure after an incidental aneurysm of the arteria communicans anterior. This group of subjects was tested by the interviewer in the identical time intervals and by means of the same test battery as the subject group described above.

All the surveyed patients received medical care in form of a carotid artery stenting (CAS) at the Clinic for Diagnostic and Interventional Neuroradiology, University of the Saarland, Homburg. The diagnostics of the test subjects was based on the diffusion- and perfusion-weighted Magnetic Resonance Imaging (MRI) and the clinical neurological examinations, both before and after the interventional procedures.

The performed study resulted in detection of a significantly enhanced memory performance only in one stenosis grade related case in the context of a verbal-visual test. The results of the further three tests can be characterized as marginally significant. The evaluation of the total of the test results demonstrated that no significant enhancement of the test subjects' memory performance could be confirmed.

2 EINLEITUNG

In Deutschland erleiden jährlich ca. 165.000 Menschen einen Hirninfarkt, wovon ca. 18% durch arteriosklerotische Prozesse der extrakraniellen, hirnversorgenden A. carotis bedingt sind (Reith, 2010).

In den prospektiv-randomisierten neurologisch kontrollierten Multicenterstudien NASCET, ECST, ACAS und ACST konnte belegt werden, dass eine operative Therapie höhergradiger Carotisstenosen gegenüber der rein medikamentösen Behandlung für die Patienten von größerem Nutzen ist. Als Folge dieser Studien hat sich die Carotis-Thrombendarteriektomie (CEA) bei Patienten mit höhergradigen Stenosen und niedrigem Operationsrisiko als "Goldstandard" zur Sanierung der Carotisstenose etabliert (Eckstein, 2013).

Neben der chirurgischen Intervention hat die perkutane transluminale Katheterintervention mit Stentimplantation (PTA) zunehmend an Bedeutung gewonnen und wird mit vergleichbaren Ergebnissen angewandt.

Mit den stenosebedingten Engpässen in der Blutzirkulation geht eine Minderversorgung des Gehirns mit Sauerstoff einher. Die führt u. a. zu Einbußen der kognitiven Leistungsfähigkeit wie Lind et al. (1993) und Oblak et al. (1996) in ihren Arbeiten zeigten. Nach erfolgter TEA ist eine - zumindest teilweise - Besserung verschiedener kognitiver Fähigkeiten eingetreten.

Die vorliegende Arbeit soll speziell klären, ob auch bei Patienten nach Stentangioplastie eine Verbesserung der Merkfähigkeit als Teil der kognitiven Hirnleistung nachgewiesen werden kann.

Untersucht wurden Patienten vor und nach PTA. Zum Ausschluss von Lerneffekten erfolgte außerdem ein Vergleich mit einer Kontrollgruppe, die aus Aneurysma-Patienten bestand.

Für die Evaluierung einer verbesserten Gedächtnisfunktion kamen unter anderem ausgewählte Testverfahren des "Nürnberger Alters-Inventars" zum Einsatz (Oswald et al., 1999).

2.1 Geschichtlicher Hintergrund

Die radiologisch-interventionelle Stentimplantation hat sich in den letzten Jahren als alternative Behandlungsmethode rasant entwickelt. Namen wie Grüntzig und Dotter prägten die Geschichte der Stententwicklung. Im Jahr 1964 führten Dotter und Judkins die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) als nichtchirurgische Technik der Gefäßerweiterung ein (Dotter et al., 1964). A. Grüntzig nahm im Jahre 1977 die erste Ballondilatation vor (Grüntzig, 1977) und Mathias publizierte das Verfahren der Carotis-PTA (Perkutane transluminale Angioplastie).

Im Jahre 1979 wurde erstmals eine interventionelle Therapie der Carotisstenose mittels Ballondilatation durchgeführt.

1989 konnte ein Stent in die Arteria carotis interna (ACI) zur Verbesserung des Dilatations-Ergebnisses implantiert werden. Die Stützprothese verbesserte nicht nur das Primärergebnis, sondern trug auch zu einer Senkung der Komplikationsrate bei (Deutsches Ärzteblatt, 1996).

Den Weg für die zunehmende Anwendung dieses interventionellen Verfahrens ebnete die im Jahr 2002 veröffentlichte SAPPHERE Studie (Stenting and Angioplasty with Protection in Patients at High Risk for Endarterectomy). Mit dieser randomisierten Studie wurde der Nachweis erbracht, dass sich für Patienten nach Stent-PTA eine deutlich geringere Komplikationsrate ergab als bei den operierten Patienten (66).

Mit den Ergebnissen der 2008 fertig gestellten SPACE-Studie konnte die Hypothese belegt werden, dass die Stentimplantation bei Patienten mit einer hochgradigen, symptomatischen Stenose der ACI der Endarteriektomie nicht unterlegen ist (Eckstein, 2008).

Im Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST) von 2010 zeigte sich bei Patienten mit symptomatischer oder asymptomatischer Carotisstenose im Hinblick auf den primären Endpunkt kein signifikanter Unterschied zwischen Operation und Stenting (Brott, 2010).

Die Erkrankung der ACI war für die Untersuchung im Zuge dieser Arbeit von grundlegender Bedeutung. Deshalb sollen die physiologischen Aspekte im Folgenden näher betrachtet werden.

2.2 Physiologische Grundlagen

2.2.1 Die Blutversorgung des Gehirns

Die Blutversorgung des Gehirns erfolgt über zwei voneinander unabhängige Arteriensysteme. Das Vordere, die Aa. carotides internae, und das Hintere, die Aa. vertebrales, diese sind über die Aa. communicantes miteinander verbunden und bilden so den Circulus arteriosus Willisii (siehe Abbildung 1).

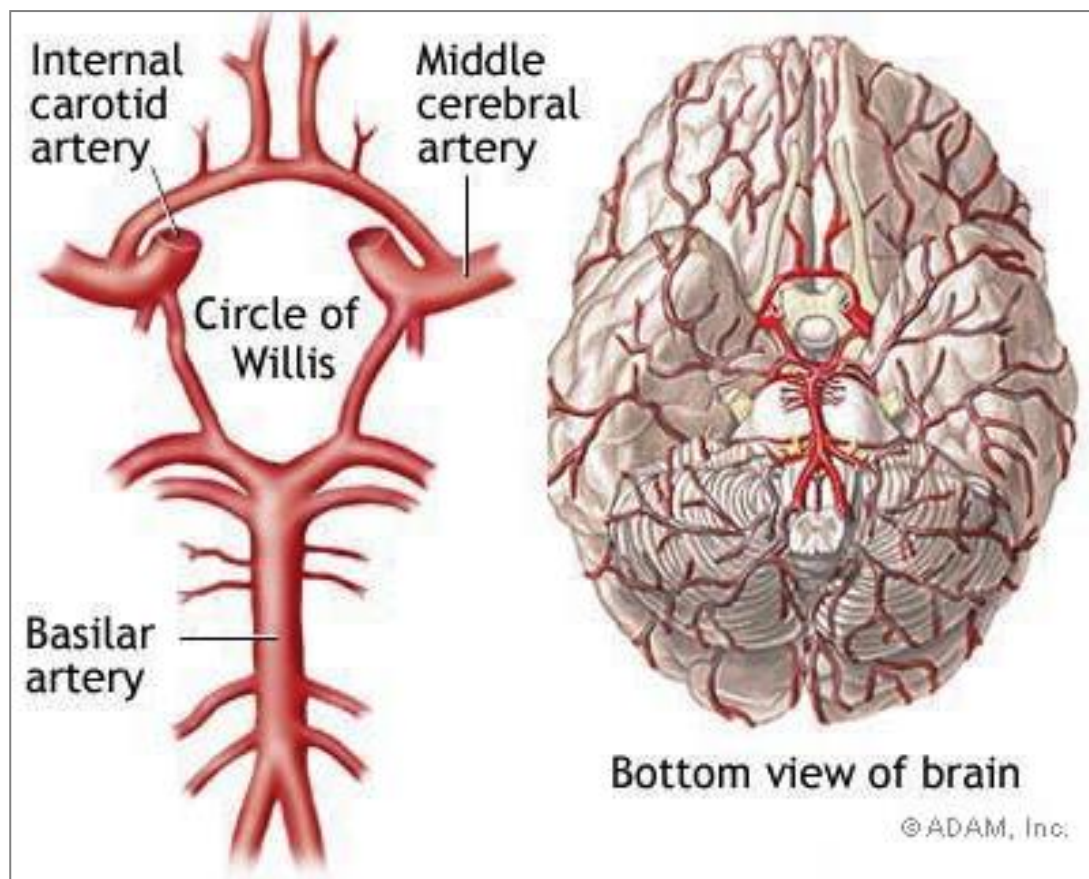


Abbildung 1: Circulus arteriosus Willisii (Nytimes.com)

Im Hinblick auf die Themenstellung wird im Folgenden das Carotissystem näher betrachtet.

communis dexter und die A. subclavia dexter auf, welche die Blutversorgung des rechten Armes sicherstellt.

Beide Communisarterien teilen sich erneut in eine A. carotis interna und externa. Die Bifurkation liegt etwa in Höhe des 4. Halswirbelkörpers. An dieser Stelle ist jeweils eine leichte Erweiterung des Gefäßes (Bulbus caroticus) lokalisiert.

Während die ACE insbesondere den Gesichtsbereich mit Blut versorgt, ist die ACI das Gefäß zur Hirnversorgung. Eine Gefäßeinengung an der Carotis-Bifurkation und/oder am anschließenden Abgang der ACI wird als Carotisstenose bezeichnet.

Die ACI kann man in die folgenden vier Abschnitte unterteilen:

- Pars cervicalis
- Pars petrosa
- Pars cavernosa
- Carotis-Siphon

2.3 Die Carotisstenose

Ein Verschluss der A. carotis communis ist sehr selten, weit aus häufiger ist die ACI betroffen. Da die ACI maßgeblich für die Perfusion des Gehirns verantwortlich ist, zeigen sich die klinischen Manifestationen arteriosklerotischer thrombotischer Erkrankungen in den unterschiedlichsten Varianten zerebrovaskulärer Syndrome.

Stenosierende oder obstruierende Prozesse der Hirngefäße, die eine Perfusionsstörung zur Folge haben, bedingen die zerebrale Ischämie. In den meisten Fällen handelt es sich um degenerative Wandveränderungen und thrombotische bzw. thrombembolische Verschlüsse der extra- oder intrakraniellen Arterien. Die häufigsten Ursachen hierfür sind arteriosklerotische Makro- (30%) und Mikroangiopathien (20%) bei bestehender arterieller Hypertonie und kardialer Embolie.

Die ACI ist - im Gegensatz zu anderen Zerebralgefäßen - kein Endgefäß. Sie ist, wie bereits erwähnt, an der Bildung des Circulus arteriosus Willisii beteiligt; kein Teil des Gehirns wird ausschließlich von ihr versorgt. Ein Verschluss der ACI ist daher meist stumm (30% - 40% der Fälle).

Es sind zwei Mechanismen bekannt, durch die ein Hirninfarkt bei Verschluss der ACI entstehen kann. Ein von der Thrombose abgelöster Embolus ist ursächlich für einen Schlaganfall im Territorium der nachgeschalteten Gefäße. Diese Form bezeichnet man als intraarterielle Embolie.

Möglich ist aber auch, dass ein Verschluss der Interna eine Ischämie der distalen Gebiete bedingt. Gründe für die Mangel durchblutung sind fehlende Kollateralversorgung und ein verminderter Perfusionsdruck.

Eine Stenose bzw. ein vollständiger Verschluss der ACI ist in den meisten Fällen auf das Vorliegen von Arteriosklerose zurückzuführen. Die arteriosklerotische Thrombose zählt zu den häufigsten Ursachen für eine zerebrovaskuläre Erkrankung. Arteriosklerotische Ablagerungen bilden sich tendenziell oft an Biegungen und Ästen zerebraler Arterien. Deshalb ist auch sehr häufig die ACI an ihrem Abgang aus der Communis betroffen.

Zeichen eines Carotisverschlusses können neben Kopfschmerzen und Bewußtseinsverlust, bei Aufrichten aus der Horizontalen auch eine transiente Blindheit sein, da die ACI auch die Retina versorgt. Bei ca. 25% der Patienten tritt dieser vorübergehende monokulare Visusverlust als Prodromi für einen Hirninfarkt auf und wird als Amaurosis fugax bezeichnet (Adams et al., 1999).

2.3.1 Risikofaktoren für eine Carotisstenose

Die Zusammenhänge zwischen Gefäßrisikofaktoren und dem Auftreten von Carotisstenosen wurden in zahlreichen Studien belegt (Tell et al., 1994, Wilson et al., 1997). Zu den wichtigsten Risikofaktoren gehören:

- Nikotinabusus
- arterielle Hypertonie
- Diabetes mellitus

- Hypercholesterinämie
- Alter
- männliches Geschlecht

2.3.2 Stadieneinteilung

Die Symptome der Verengung sind abhängig vom Stenosegrad und der kollateralen Versorgung.

Man kann folgende Stadien der Stenose unterscheiden:

Stadium I: asymptomatische Carotisstenosen

- Stadium IA: ohne höhergradige kontralaterale Carotisstenose
- Stadium IB: asymptomatische Carotisstenose mit höhergradiger kontralateraler Carotisstenose oder kontralateralem Carotisverschluss

Stadium II: umfasst die innerhalb von 24 Stunden reversible Ischämie

- Stadium IIA: reversible retinale Ischämie (Amaurosis fugax)
- Stadium IIB: reversible zerebrale Ischämie mit Hemisphärensymptomatik

Stadium III: Indikationen zur Notfall-Carotis-TEA

- Stadium IIIA: Crescendo-TIA
- Stadium IIIB: akuter/progredienter Hirninfarkt

Stadium IV: bereits abgelaufener, ipsilateraler Schlaganfall

2.4 Neuropsychologische Leistungsveränderungen

Williams und McGee haben im Jahr 1964 berichtet, dass eine Minderung der kognitiven Leistungsbefähigung bei elf untersuchten Patienten mit Stenosen oder Verschlüssen im Bereich der A. carotis interna nur in geringem Umfang

nachzuweisen war. Auch bei im Jahr 1975 von Perry et al. durchgeführten Untersuchungen an 20 männlichen Patienten wurden keine bedeutsamen Beziehungen zwischen dem Blutfluss im Bereich der A. carotis interna und dem neuropsychologischen Status erhoben. Ein Vergleich von Kelly et al. (1980) von symptomatischen Carotis-Patienten und einer Kontrollgruppe ergab ebenfalls keine auffälligen Unterschiede der kognitiven Funktionen.

Ein grundsätzliches intellektuelles Leistungsdefizit haben Hemmingsen et al. (1982) an 25 symptomatischen Probanden mit angiographisch verifizierten Carotisstenosen erkannt. Unterschiede wiesen auch Hamster und Diener (1984) bei der Testung von 33 asymptomatischen und symptomatischen Patienten mit Stenosen höchster Ausprägung oder Verschlüssen im Vergleich zu einer ähnlich strukturierten Kontrollgruppe nach. Deutliche Einschränkungen wurden dabei im mnestischen Bereich, der Aufmerksamkeit und im Bereich der psychomotorischen Reaktionen sowohl bei Patienten mit ein- oder zweiseitigen Stenosen festgestellt.

2.5 Bildgebende Verfahren zur Gefäßdarstellung

Als Goldstandard zur Darstellung der Carotisstenose gilt immer noch die konventionelle digitale Subtraktions-Angiographie (DSA). Sie ist jedoch nicht überall verfügbar, invasiv und sehr kostenintensiv.

Bei der DSA werden Gefäßkontrastierungen nach Kontrastmittelgabe (KM-Gabe) durch temporäre Filtertechnik isoliert dargestellt. Die Methode der DSA besteht darin, dass die Subtraktion eines Leerbildes von einer Aufnahme nach KM-Gabe erfolgt (Zeitsubtraktion).

Als nicht invasive und strahlenfreie Methode zur Darstellung einer Carotis-Stenose hat sich in den letzten Jahrzehnten die hochauflösende Duplex-Sonographie etabliert. Mit dieser Untersuchungsmethode kann nicht nur der Stenosegrad, sondern auch eine Aussage über die Plaquemorphologie getroffen werden.

In der NASCET Studie konnte gezeigt werden, dass sich bei einer Stenose von mehr als 70% eine hohe Korrelation der bildmorphologischen Plaquebeschaffenheit zum histologischen Präparat nach chirurgischer Therapie besteht.

Die Duplex-Sonographie ist allerdings ein zeitaufwendiges Verfahren, deren Aussagekraft stark vom Können des Untersuchers abhängig ist.

Die CT–Angiographie (CTA) dient im Gegensatz zum Goldstandard der Digitalen Subtraktions-Angiographie (DSA) als nicht-invasives Verfahren zur 3-D Darstellung extra- und intrakranieller Gefäßverschlüsse.

Sie liefert dem Untersucher nicht nur eine Aussage über das Stenoseausmaß, sondern auch über die Plaquebeschaffenheit. Hierdurch kann das Schlaganfallrisiko abgeschätzt werden.

Durch spezielle Rekonstruktionsmöglichkeiten in drei Ebenen lassen sich zusätzliche Aussagen über die Plaqueanatomie treffen: eine nachfolgende TEA oder Stentung können besser geplant werden.

Die nicht-invasive Magnetresonanz-Angiographie (MRA) findet immer häufiger Anwendung. In einer kurzen Zeitdauer von ca. 20 Sekunden erfolgt eine hochauflösende Darstellung der Halsgefäße ohne ionisierende Strahlung.

Die MRA-Technik hat sich in den letzten 20 Jahren kontinuierlich weiterentwickelt. Standard war zunächst die kontrastmittelfreie "Time-of-flight"-Technik (TOF). Allerdings ist diese Art der Bildgebung sehr anfällig für Störungen durch Bewegungs- und Schluckprozesse aufgrund langer Akquisitionszeiten.

Die TOF-MRA wurde mittlerweile durch die schnelle, kontrastmittelverstärkte ("contrast-enhanced CE") 3D-Gradientenecho-MRA abgelöst. Deutlich bessere Ergebnisse werden deshalb erzielt, weil die Messung innerhalb einer Atemanhaltephase durchgeführt werden kann. Heute wird die TOF-MRA lediglich noch für die Darstellung der intrakraniellen Gefäße verwendet.

2.6 Stenosequantifizierung

Ob eine symptomatische oder asymptomatische Carotisstenose vorliegt hängt von der körperlichen Untersuchung, der Anamnese und Hinweisen ab, ob Symptome aus dem betroffenen Carotisstromgebiet vorliegen.

Die Unterscheidungskriterien wurden in den großen randomisierten Studien NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) und ECST (European Carotid Surgery Trialist's Collaborative Group) in Verbindung mit der absoluten Risikoreduktion, einen Hirninfarkt zu erleiden, genau festgelegt.

In beiden Studien wurden unterschiedliche Methoden angewendet, den Grad der Stenose in Prozent anzugeben. In der NASCET-Studie wurde der distale, in der ECST-Studie der lokale Stenosegrad verwendet. Da der ursprüngliche Gefäßdurchmesser in der ECST-Studie abgeschätzt werden muss, ist die Bewertung ungenauer. Deshalb ergab die Bewertung der Stenose ein unterschiedliches Ergebnis.

Die ersten Ergebnisse der ECST- und NASCET-Studie wurden im Jahre 1991 veröffentlicht. In die ECST-Studie (Collaborative Group ECST, 1991) wurden Patienten mit einer TIA oder nicht invalidisierenden Schlaganfällen, also im Stadium II, innerhalb von sechs Monaten aufgenommen. In die NASCET-Studie wurden ebenfalls symptomatische Patienten mit identischen Kriterien - allerdings innerhalb von 120 Tagen - eingebunden. Verglichen wurden operierte, mit konservativ mit Thrombozytenfunktionshemmern behandelte Patienten (NASCET, 1991).

Die NASCET-Studie rekrutierte Patienten in den Jahren 1988 - 1991. Dabei wurde nicht nur Wert auf die Auswahl eines hoch selektionierten Patientenkollektivs gelegt, sondern auch auf die Auswahl der Operationszentren. Diese wurden nach deren Operationsfrequenz und Jahreskomplikationsrate ausgewählt. Ausgeschlossen wurden Patienten die älter als 79 Jahre waren und Patienten mit einer voraussichtlichen Lebenserwartung unter fünf Jahren.

Weitere Ausschlusskriterien waren Vorhofflimmern, ein schlecht kontrollierter Hypertonus, Diabetes mellitus, eine instabile Angina pectoris, ein Herzinfarkt in den letzten sechs Monaten oder eine Lungenerkrankung (Mathias, 2000). Lediglich ein Drittel (1415) der Patienten konnte aufgrund dieser strengen Anforderungen in die Studie aufgenommen werden, außerdem fand noch eine Randomisierung der Probanden statt.

Die Abbildung 3 zeigt die unterschiedliche Bestimmung der Stenosegrade.

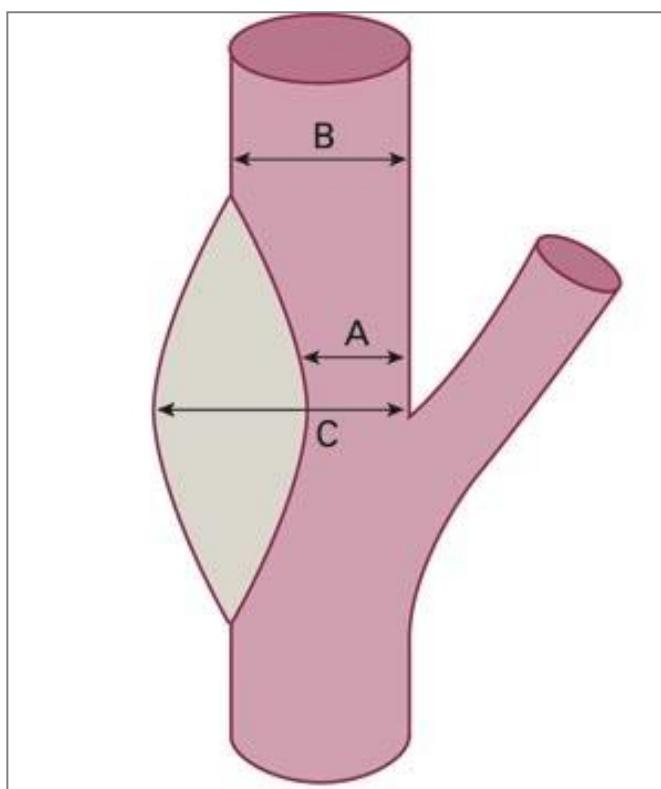


Abbildung 3: Bestimmung des Stenosegrades
(Carlsson et al., 2005)

Nach ECST Kriterien wird der lokale Stenosegrad in Relation zum ursprünglichen Lumen bestimmt.

$$\left(1 - \frac{A}{C}\right) * 100$$

Gemäß NASCET wird der Stenosegrad in Bezug zum distalen Lumen der ACI gesetzt.

$$\left(1 - \frac{A}{B}\right) * 100$$

Nach Eckstein et al. (2013) soll „Nach internationaler Übereinkunft [...] nur noch der distale Stenosegrad (entsprechend der Kriterien der NASCET-Studie) zur Stenosequantifizierung angewendet werden“, da nach ECST der Stenosegrad häufig überschätzt wird.

In tabellarischer Form sind die Stenosegrade bei der Bestimmung nach NASCET und ECST dargestellt.

Stenosegrad			
	Niedrig	Mittel	Hoch
NASCET	<50%	50–69%	70–99%
ECST	<75%	75–84%	85–99%

Tabelle 1: Stenosegrade nach NASCET u. ECST

2.6.1 Ergebnisse der NASCET- und ECST- Studien

In der NASCET-Studie wurden die Patienten in Gruppen mit Stenosen zwischen 30% - 69% und 70% - 99% zugeordnet. Die Probanden wurden prä- und postoperativ von einem Neurologen untersucht, außerdem war es nur erfahrenen Chirurgen erlaubt, an den Studien teilzunehmen.

Nach Operation der höhergradigen Stenosen zeigte die Datenauswertung, dass der Eingriff zu einer Reduktion eines ipsilateralen Hirninfarkts führt. In der nicht operierten Gruppe ergab sich nach fünf Jahren eine 26%ige Hirninfarktrate. In der operierten Gruppe lag die Rate bei 9%. Es fand also eine Absenkung des relativen Risikos (RR) um 15,9% statt.

Ein Vorteil der Operation ergab sich auch bei den Stenosen, von 50% bis 69% lagen. Die Risikoreduktion war allerdings deutlich geringer. Erneut war ein Unterschied hinsichtlich der Hirninfarktrate nach fünf Jahren festzustellen. Die nicht operierte Gruppe hatte eine 18,6%ige Infarktrate, in der operierten hingegen lag bei 14%. Die relative Risikoreduktion betrug entsprechend nur 4,6% (NASCET, 1991).

		Schlaganfallrisiko nach 5 Jahren				
Stenosegrad	OP- Risiko	Operativ	Konservativ	ARR	Signifikanz	NNT
<30%	6,7%	12%	10%	-2,2%	0,05	-
30-49%	8,4%	15%	18,2%	3,2%	0,6	31
50-69%	8,4%	14%	18,6%	4,6%	0,04	22
70-99%	6,2%	9%	26%	15,9%	<0,001	6

Tabelle 2: Schlaganfallrisiko nach fünf Jahren (NASCET)

In den mittleren und hohen Stenosegruppen war im Follow up kein Unterschied zwischen der der NASCET und ECST-Studie erkennbar.

Bei einem niedrigen Stenosegrad (<50%) nach ECST, zeigte die Operation keinen Vorteil. Die Patienten mit einer Stenose unter 30% waren in dieser Gruppe durch die OP sogar gefährdet. Das Auftreten von schweren Komplikationen, wie Hirninfarkt oder Tod, lag bei den Stenosen ab 70% bei 6,2%, bei den Stenosen von 50% - 69% betrug die Komplikationsrate 8,4%.

Aus diesen Studien konnte zum ersten Mal auf die Wirksamkeit der OP bei hochgradigen, symptomatischen Stenosen geschlossen werden. Eine besonders deutliche absolute Risikoreduktion zeigte sich in der Gruppe der operierten Patienten, die folgende Merkmale aufwiesen:

- männliches Geschlecht
- Diabetes mellitus
- Alter über 75 Jahre
- irreguläre/ulzerierte Stenose
- Grad der Stenose >90%
- ein kontralateraler Carotisverschluss

Multimorbide Patienten sowie Patienten mit einer rezidivierenden Symptomatik, intrakraniellen Stenosen oder einer unzureichenden intrakraniellen Kollateralversorgung profitierten ebenfalls von dem operativen Eingriff.

Ob die Operation einen für den Patienten gewinnbringenden Effekt liefert, ist im Wesentlichen von der perioperativen Komplikationsrate und dem Grad der Carotisstenose abhängig. Patienten mit einer stabilen, asymptomatischen Stenose zeigen mit einer Schlaganfallrate von 1,7% jährlich einen relativ guten Verlauf. Bei progredienter Stenose erhöht sich das Risiko einen Hirninfarkt zu erleiden, auf 2,8%. Mit dem Grad der Stenose steigt auch die Wahrscheinlichkeit, einen Infarkt zu erleiden (Struffert et al., 2004).

Aus randomisierten Studien geht jedoch hervor, dass eine Carotisoperation bei asymptomatischen Patienten keinen eindeutig prophylaktischen Gewinn bringt. In der CASANOVA-Studie zum Beispiel, ließen sich mit der Operation keine besseren Resultate erzielen als mit der Gabe von Aspirin. Diese Studien belegen lediglich einen Profit der OP bei Patienten mit einer symptomatischen Stenose >70% (Casanova Study Group, 1990).

2.7 Stentangioplastie

Die stentgestützte Carotisangioplastie entspricht dem derzeitigen Stand der Wissenschaften. Das Verfahren bietet im Gegensatz zur Carotisendarteriektomie folgende Vorteile:

- Narkose ist – von Ausnahmen abgesehen – nicht erforderlich
- geringe Invasivität
- Vermeidung chirurgischer Komplikationen wie z.B. Wundheilungsstörungen oder Hirnnervenläsionen
- Behandelbarkeit von Patienten mit erhöhtem Operationsrisiko bzw. chirurgischer Kontraindikation

2.7.1 Interventionsvorgang

Als Zugang dient normalerweise die A. femoralis communicans. Bei einem Beckenarterienverschluss kann auch die kontralateral zur Stenose liegende A. brachialis als Zugangsweg dienen.

Die ACC wird mit Hilfe eines Diagnostikkatheters aufgesucht, und es wird ein Führungsdraht in die A. carotis externa platziert. Anschließend wird eine lange Schleuse, deren übliche Größe bei sechs French liegt, in die ACC vorgeschoben. Bei Verwendung eines Führungsdrahtes kann die Größe der Schleuse auch acht French betragen. Das Protektionssystem, die Stentimplantation und die Dilatation des Stents folgen nacheinander durch die zuvor eingeführte Schleuse.

Bei Vorliegen einer hochgradigen Stenose ist es hilfreich das Gefäß vorzudehnen, um eine sichere Platzierung des Stents zu gewährleisten.

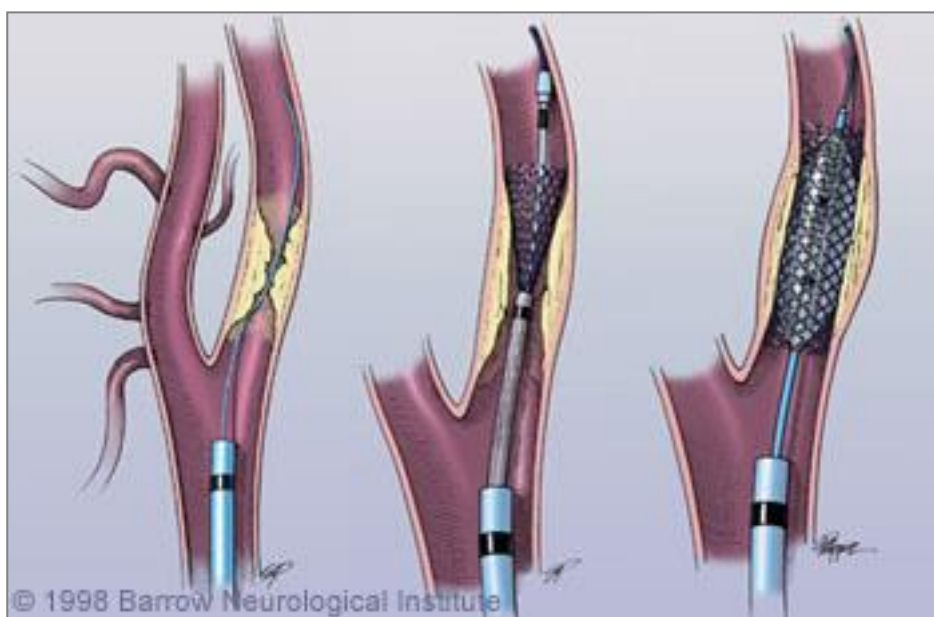


Abbildung 4: Stent-Implantation (Barrow Neurological Institute)

Wenn man an Stelle der Schleuse einen Führungskatheter verwendet, hat man zwar den Vorteil der besseren Steuerbarkeit, muss allerdings den Nachteil des größeren Durchmessers beachten.

Es ist oft einfacher, bei einem elongierten Aortenbogen, insbesondere bei spitzwinkeligem Abgang der supraaortalen Gefäße, einen Führungskatheter

zu platzieren, als eine Schleuse zu positionieren. Falls die ACI stark geschlängelt ist, kann es notwendig sein, sie zu begradigen, bevor man den Stent platziert. Die Gefäßstreckung wird mit mehreren, nacheinander eingeführten 0,0014"-Führungsdrähten behandelt, um Arterienverletzungen zu vermeiden (Mathias, 2004).

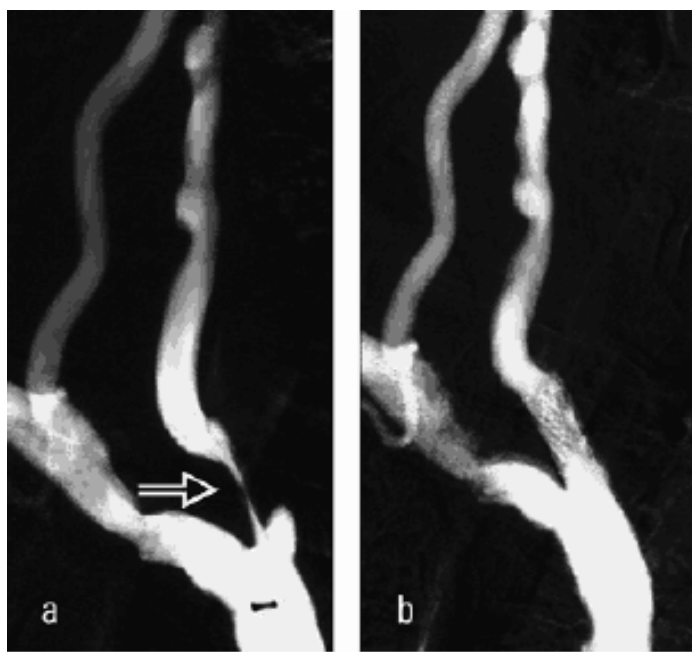


Abbildung 5: Carotisstenose vor und nach stentgestützter perkutaner transluminaler Angioplastie (Mathias, 2004)

2.7.2 Medikation bei der Stent-Angioplastie

Zur Vermeidung von thrombembolischen Ereignissen erhalten die Patienten - sowohl vor als auch nach dem Eingriff - Plättchenfunktionshemmer in Form von ASS (100mg/d) und Clopidogrel (75mg/d) und Enoxaparin-Natrium (z.B. Clexane s.c.) 100 I.E./kg/KG/d. Die Aufsättigung sollte mindestens über drei Tage erfolgen, um den angestrebten Medikamentenspiegel zu erreichen. Die Behandlung mit ASS wird lebenslang fortgeführt, die Einnahme von Clopidogrel muss für mindestens sechs Wochen erfolgen.

Während des Eingriffs kann die aktive Gerinnungszeit mittels ACT (activated clotting time) kontrolliert werden, der Zielwert sollte bei >250 s liegen. Dem Patienten werden initial 3000 IE Heparin verabreicht.

Um die Stimulation des Carotissinus zu hemmen, wird unmittelbar vor und nach der Dilatation je 0,5mg Atropin injiziert. Gelegentlich kommt es während des Eingriffs zu leichten Spasmen in der ACI. Da sich die Spasmen meistens nach wenigen Minuten wieder spontan lösen, ist eine medikamentöse Behandlung nicht erforderlich.

Die Patienten müssen nach dem Eingriff für einen Zeitraum von 24 Stunden einen Druckverband über der Leistenregion tragen und sollten in diesem Zeitraum auch nur liegen (Reith et al., 2004).

Zu den Nachteilen der Stentangioplastie gehören mögliche Komplikationen an der Punktionsstelle der A. femoralis, zerebrale Embolien durch Manipulation am Plaquematerial, durch eine Gefäßelongation nicht erreichbare Stenose, eine akute Stentthrombose oder Dissektion und Spasmus. Bei der Carotis-Endarteriektomie werden - im Gegensatz zur Stentangioplastie - die Stenose und das Plaquematerial komplett entfernt, während der Stent nur die Stenose und nicht die Plaques beseitigt.

2.8 Kognitive Defizite

Kognitive Einbußen gehören zu den häufigsten Folgen einer erworbenen Hirnschädigung. Sie sind bei allen Formen von Hirninfarkten zu erwarten, unabhängig von deren Schweregrad, dem Ausmaß der funktionellen Folgen und der Ätiologie. Sie können auch die alleinige Folge einer Hirnschädigung sein (Hoffmann, 2001). Zu den kognitiven Störungen zählen Probleme des Lernens und Gedächtnisses, Aufmerksamkeitsdefizite, Wahrnehmungsstörungen, Beeinträchtigungen beim Lesen und Schreiben, sowie Sprach- und Sprechstörungen (Goldenberg, 1998).

Innerhalb einer Population von Hirninfarktpatienten fanden Tatemichi et al. (1994) bei 35,2% der Probanden einige signifikante kognitive Beeinträchtigungen, vor allem in den Bereichen Gedächtnis, Sprache, Orientierung und Aufmerksamkeit.

2.9 Gedächtnis

Neben den Aufmerksamkeitsfunktionen stellt vor allem die Gedächtnisfunktion eine wichtige, kognitive Fähigkeit dar. Beide zusammen haben einen nicht unbeträchtlichen Anteil am Bewusstsein. Hinsichtlich der möglichen Zeitdauer, für die Informationen gespeichert werden können, lassen sich die verschiedenen Gedächtnissysteme unterscheiden.

James (1890) differenzierte zwischen einem primären und einem sekundären Gedächtnis. Der primäre Teil behält die schrittweise aus dem Umfeld gewonnenen Informationen nur für wenige Sekunden. Dagegen werden aktuell nicht im Bewusstsein befindliche, zu einem späteren Zeitpunkt benötigte Botschaften und Erkenntnisse im Sekundärgedächtnis gespeichert.

Seither erfolgte durch experimentelle und klinische Studien sowie bildgebende Verfahren eine weitergehende Segmentierung des Gedächtnisses.

Das von Atkinson und Shiffrin (1968) entwickelte Mehr-Speicher-Modell geht von dessen Unterteilung nach zeitlichen Gesichtspunkten aus (Abbildung 6).

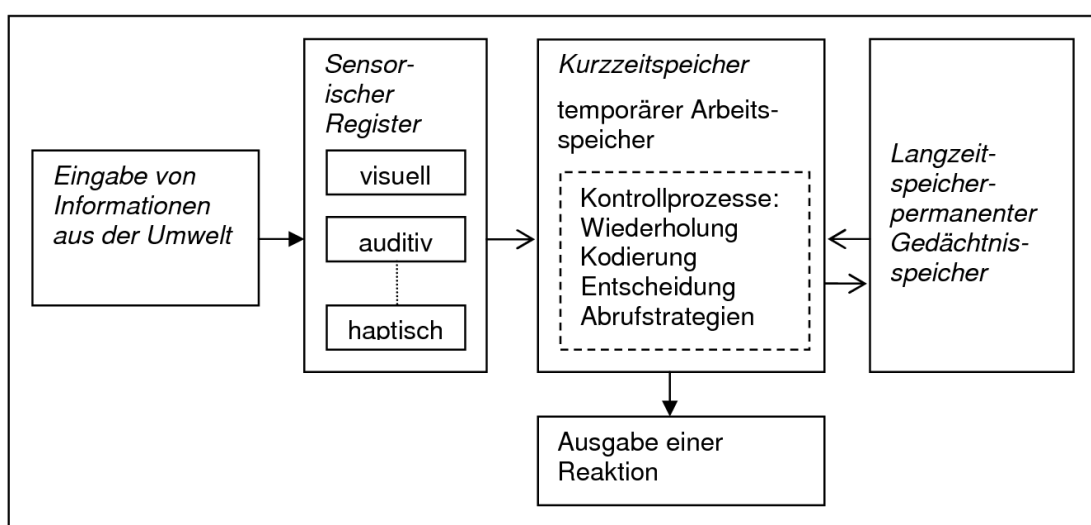


Abbildung 6: Der Informationsfluss durch das Gedächtnissystem (Atkinson et al., 1971)

Wird Gedächtnisleistung als zeitabhängiger, serieller Prozess gesehen, erfolgen weitere Unterscheidungen in den sensorischen Speicher (Ultrakurzzeit-

gedächtnis), das Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis sowie den Langzeitspeicher.

Nach diesen Modellen erreichen Umweltreize das Nervensystem über die Sinnesorgane und werden, nach Reizbeendigung, im Ultrakurzzeitgedächtnis (UKZG) noch für die Dauer weniger Millisekunden bis zu einer Sekunde gespeichert. Das Gehirn wird dabei durch grundlegende Identifikations- und Filterprozesse vor Reizüberflutung geschützt (Parkin, 2000).

Die gefilterten Informationen gelangen aus dem UKZG in das Kurzzeitgedächtnis (KZG) bzw. Arbeitsgedächtnis (AG). Die Inhalte dieser beiden Gedächtnisspeicher sind als einzige dem Bewusstsein zugänglich. Das KZG weist hinsichtlich der Menge und Zeitdauer der Informationsspeicherung Begrenzungen auf.

Durch Selbstversuche zu Lern- und Gedächtnisvorgängen kam Ebbinghaus (1913) zu dem Ergebnis, dass die Gedächtnisspanne, d.h. die unmittelbare Merkleistung sieben +/- zwei Items umfasst. Allerdings gehen neuere Studien von einer kleineren Gedächtnisspanne, nämlich vier Items aus (Cowan, 2000). Jedoch kann durch die Strukturierung der Items zu sinnvollen Einheiten, den sog. Chunks, die Informationsmenge gesteigert werden.

Die Zeitdauer der Informationsspeicherung im KZG liegt im Bereich von Minuten. Eine Reduktion der zeitlichen Merkfähigkeitsdauer kann sich durch negative Störungen ergeben (Markowitsch, 1999).

Im KZG bzw. AG vorhandene Informationen unterliegen dem Prozess des Vergessens, es sei denn, sie werden in das Langzeitgedächtnis (LZG) übertragen. Hier besteht eine weitaus größere Speicherkapazität und die aus dem KZG transferierten Informationen sind oft jahrzehntelang abrufbar.

Das LZG kann aufgrund dieser ungemein langen Zeitspannen wohl nicht als einheitliches System gesehen werden. Beobachtungen an Patienten mit einem Schädelhirntrauma oder beispielsweise Morbus Alzheimer zeigen, dass die Erinnerung an Informationen aus jüngerer Vergangenheit deutlich stärker beeinträchtigt ist als die Wiedergabe weit in die Vergangenheit

reichender Ereignisse (Beatty et al., 1988; Markowitsch, 1999). Dieses bereits 1882 beschriebene Phänomen wurde nach seinem Entdecker "Ribot'sches Gesetz" benannt.

Um Geschehnisse wieder für das Bewusstsein verfügbar zu machen, steht das LZG nicht alleine mit dem KZG bzw. AG in Verbindung. Es kommuniziert auch mit dem UZG und stellt diesem für die Durchführung von Identifikations- und Filterprozessen die entsprechend benötigten Informationen zur Verfügung.

Die Materialspezifität stellt eine weitere Besonderheit der kognitiven Funktionen dar. Vereinfacht gesagt, ist die linke Hirnhälfte für die Enkodierung verbaler Inhalte zuständig. Die Aufgabe der rechten Hemisphäre ist die Verarbeitung von nonverbalem, figuralem Material (Kolb et al., 1996).

3 MATERIAL UND METHODE

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob sich die Gedächtnisleistung der getesteten Patienten nach Stentimplantation im Hinblick auf die Merkfähigkeit signifikant verbesserte.

Dabei kamen ausgewählte Testverfahren aus dem "Nürnberger Alters-Inventar" (Oswald et al., 1999) zum Einsatz. Ziele der verschiedenen Tests des Nürnberger Alters-Inventars (NAI) sind, wesentliche Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit, des Verhaltens, der Befindlichkeit und des Selbstbildes einzelner Personen höheren Alters nach psychometrischen Standards zu erfassen. Unter Verwendung von geronto-psychologischem Testinventar werden im NAI unauffällige von pathologischen Leistungsausprägungen unterschieden.

Ein weiterer Ansatz des NAI ist die Demenzdiagnostik. Hierbei liegt ein besonderes Augenmerk auf den kognitiven Tempoleistungen des jeweiligen Probanden. Dies grenzt das NAI grundlegend von gebräuchlichen Demenz-Screenings und -Skalen, wie z.B. dem Mini-Mental-Status-Test ab.

Vor Durchführung der Gedächtnistests des NAI war es zur Gewinnung belastbarer Ergebnisse erforderlich, für möglichst vergleichbare Voraussetzungen zu sorgen. Es ist sicherlich einsichtig, dass das Existieren bestimmter, persönlicher Faktoren sich in unterschiedlicher Weise und Intensität auf die Durchführung der Tests und damit auf die Ergebnisse ausgewirkt hätte. So kann man z. B. davon ausgehen, dass es bei Berücksichtigung von Probanden mit Demenz oder fremder Muttersprache zu Verzögerungen in der Testdurchführung hätte kommen können. Diese Resultate wären nicht mit denen vergleichbar gewesen, die bei Patienten ohne entsprechende Einflussgrößen ermittelt wurden.

3.1 Design der Studie

In der vorliegenden Studie wurden innerhalb eines Zeitraumes von 18 Monaten 41 Patienten (30m, 11w) mit der angiographisch gesicherten Diagnose einer hochgradigen, asymptomatischen Arteria carotis interna Stenose (>70%) untersucht.

Im Vorfeld erfolgte eine klinisch-neurologische Untersuchung, um festzustellen, ob es sich um eine symptomatische oder asymptomatische Stenose handelte. Zusätzlich wurde vor dem Stenting wie auch 48 Stunden danach eine diffusionsgewichtete kernspintomographische Untersuchung durchgeführt.

In die Studie eingeschlossen wurden rechtshändige Patienten im Alter von 50-80 Jahren, die weder an einer Parese der oberen Extremität noch an einer Visusminderung litten. Alle Teilnehmer gaben Ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Studie.

Ausschlusskriterien waren mangelnde Deutschkenntnisse, intellektuelle Minderbegabung sowie manifeste psychiatrische Erkrankungen (Schizophrenien, Depressionen mit BDI >11, schwere organische Psychosyndrome mit einem MMST <24 Punkten).

3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Durchführung der Tests fand in einem Seminarraum der Klinik für diagnostische und interventionellen Neuroradiologie an der Universität des Saarlandes in Homburg statt. Folgende Ein- und Ausschlusskriterien wurden definiert:

Einschlusskriterien

- angiographisch belegte, hochgradige (>70%), asymptotische Stenose der Arteria carotis interna
- Alter 50-80 Jahre
- gute Sehfähigkeit (keine schwere Visusminderung, Ausschluss Hemianopsie)
- keine Paresen im Bereich der oberen Extremität
- Einwilligung zur Teilnahme

Ausschlusskriterien

- manifeste psychiatrische Erkrankungen (Schizophrenie, Depressionen (Beck-Depressions-Inventar >11), schwere organische Psychosyndrome mit einem Mini-Mental-Status-Test <24 Punkte)
- Linkshänder
- intellektuellen Minderbegabungen
- mangelnde Deutschkenntnisse

3.1.2 Durchführung der Untersuchungen und Tests

In der Studie konnten definitiv die Daten von 41 Patienten berücksichtigt werden. Im Folgenden werden nur die klinische Untersuchungen (KU) genannt, die im zeitlichen Kontext mit der neuropsychologischen Testung durchgeführt wurden.

Präoperative neuropsychologische Testung:

- Zeitpunkt: ca. 1-2 Tage vor dem Eingriff
- Dauer: ca. 45 – 60 Minuten
- Raum: Besprechungszimmer Neuroradiologie Universitätsklinik Homburg

Durchgeführte klinisch-neurologische Untersuchungen:

- CT–Angiographie
- Farbkodierte Duplexsonographie
- Diffusions-/perfusionsgewichtete Bildgebung

Postoperative neuropsychologische Testung:

- Zeitpunkt: ca. 3 Monate nach dem Eingriff
- Dauer: ca. 45 - 60 Minuten

Durchgeführte klinisch-neurologische Untersuchungen:

- Farbkodierte Duplexsonographie
- Diffusions-/perfusionsgewichtete Bildgebung

Testbatterie

Die Auswahl der eingesetzten Tests erfolgte in Abstimmung zwischen den Abteilungen für interventionelle Neuroradiologie und Psychiatrie. Danach kamen die folgenden, bereits unter Ziffer 8 beschriebenen standardisierten Tests zum Einsatz:

Zur Testung des Primärgedächtnisses:

- unmittelbare Wortliste (WLFR)
- Zahlennachsprechen (ZN-G)

Zur Testung des Sekundärgedächtnisses:

- verzögerte Wortliste (WLWE)

- Bildertest (BT)
- Wortpaare (WP)
- Figurentest (FT)
- Latentes Lernen (LL)

Die präoperative neuropsychologische Testung erfolgte innerhalb von 24 Stunden vor dem geplanten Eingriff. Nach drei Monaten wurde die zweite Untersuchung im Rahmen der postinterventionellen Kontrolle nach Carotis-Stent-Angioplastie zusammen mit der klinisch neurologischen Verlaufskontrolle durchgeführt.

Um einen potentiell die kognitive Funktion beeinträchtigenden "stummen Infarkt" auszuschließen, wurde prä- und postinterventionell eine diffusionsgewichtete MRT-Sequenz gefahren.

Den Testpersonen wurde eine Standardprämedikation zur Prävention zerebraler thromboembolischer Ereignisse verabreicht, wie bereits in Kapitel 2.7.2 dieser Arbeit beschrieben wurde.

Um die Kommunikationsfähigkeit der Patienten während des Eingriffs zu gewährleisten, wurde auf sedierende Medikamente verzichtet. Lediglich in die Punktionsstelle über der Arteria femoralis wurde ein Lokalanästhetikum injiziert.

Es wurde eine lange 5-6-French-Schleuse mit Hilfe eines Sidewinders oder Vertebraliskatheters in die Arteria carotis communis platziert, danach erfolgte das Stenting der ACI mittels eines selbstexpandierenden Stents (Carotid Wallstent, Boston Scientific) oder eines Nitinolstents (S.M.A.R.TTM, Cordis Precise).

Die Stentimplantationen erfolgten ohne Protektionssystem und verliefen alle komplikationslos.

3.1.3 Beschreibung der Patientengruppe

Der Gruppe der Patienten gehörten insgesamt 41 Probanden an, davon waren elf weiblichen und 30 männlichen Geschlechts.

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
Männlich	30	73,2
Weiblich	11	26,8
GESAMT	41	100,0

Tabelle 3: Zusammensetzung der Patientengruppe nach Geschlecht

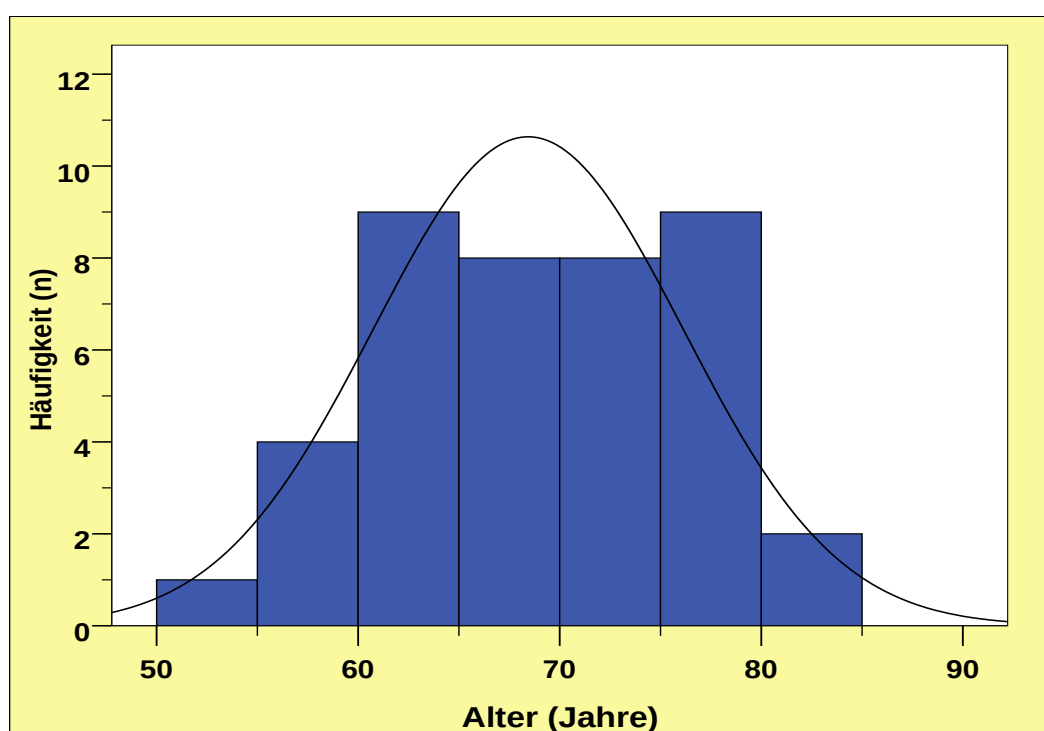


Abbildung 7: Altersverteilung in der Patientengruppe

Der Altersdurchschnitt lag bei 68,44 Jahren, die durchschnittlich absolvierten Schuljahre liegen bei 9,14 und im Wortschatztest ergab sich ein mittlerer Wert für den IQ von 102,42.

Bei jeder Person lag eine mittels Angiographie festgestellte Stenose der A. carotis interna von mehr als 70% vor. Der mittlere Stenosegrad betrug ipsilateral 88,39% und kontralateral 86,79%. Dabei handelte es sich ausschließlich um asymptotische Verengungen.

Außerdem war die Homogenität der Gruppe hinsichtlich folgender Kriterien gewährleistet:

- Rechtshändigkeit
- Kein vorbestehendes neurologisches Defizit

3.1.4 Die Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe setzte sich aus zehn Personen, davon fünf Frauen und fünf Männern zusammen. Bei allen Probanden war ein zum Coiling anstehendes inzidentielles Aneurysma der Arteria communicans anterior diagnostiziert worden. Ein gleichzeitiges Vorliegen einer relevanten Carotisstenose war zuvor in allen Fällen ausgeschlossen worden. Außerdem zeigte keiner der Patienten Merkmale eines neurologischen Defizits.

Die in die Kontrollgruppe aufgenommenen Personen gehörten der gleichen Altersklasse von >50 - ≤ 80 Lebensjahren an, das Durchschnittsalter betrug 57,2 Jahre und lag damit um 11,2 Jahre unter dem der Testgruppe. Auch hier war bei allen Teilnehmern die Rechtshändigkeit gegeben.

Den Mitgliedern der Kontrollgruppe wurden dieselben neuropsychologischen Aufgaben wie der Testgruppe gestellt. Auch die räumlichen Gegebenheiten und die Zeitpunkte der prä-/postoperativen Testungen waren identisch, d.h. der Zeitabstand vor dem Eingriff betrug 24 Stunden, die Wiederholungstests wurden ca. drei Monate später durchgeführt.

Die Probanden der Kontrollgruppe erhielten ebenfalls eine farbkodierte Duplexsonographie, um eine hämodynamisch wirksame Stenose im Bereich der extracraniellen Karotiden auszuschließen. In einem kurzen Anamnesege-spräch verschaffte man sich einen Überblick über den physischen und psychischen Zustand sowie den soziale Status der Testpersonen.

Die durchschnittlich absolvierten Schuljahre liegen bei 9,91 und im Wortschatztest ergibt sich ein mittlerer IQ-Wert von 110,00.

3.1.5 Studienprotokoll

Die Testung der Patienten dauerte ca. 60 Minuten. An ein kurzes Anamnese-gespräch schloss sich die Serie der so genannten "Paper-pencil-Tests" an. Bei den vorliegenden Tests handelte es sich entweder um Fragebögen, die vom Untersucher ausgefüllt wurden oder um Testmaterial, welches vom Patient selbst schriftlich zu bearbeiten war. Der Gebrauch von elektronischen Geräten, z.B. eines PC, war nicht vorgesehen.

Das Material, welches zur Durchführung der Tests erforderlich war, wurde komplett von den Testleitern gestellt; die Probanden benötigten lediglich eine Lesehilfe, sofern erforderlich. Der erste Test wurde innerhalb von 24 Stunden vor dem geplanten Eingriff durchgeführt; eine spezielle Einarbeitung der Testpersonen war nicht notwendig.

Drei Monate nach dem interventionellen Eingriff erfolgte die zweite Untersuchung zur Verlaufserfassung. In diesem Rahmen wurde ebenfalls die klinisch-neurologische Kontrolluntersuchung vollzogen.

Auf Wunsch der Patienten erhielten diese Auskunft über Ihre Testergebnisse, ein schriftlicher Befund der Testergebnisse war nicht vorgesehen.

3.1.6 Datenschutz

Jeder einzelne Proband wurde vor Beginn der Testung über die Methoden und Ziele der vorliegenden Studie aufgeklärt. Eine vertrauliche Behandlung der Patientendaten wurde garantiert, Hinweise zum Datenschutz wurden ausführlich besprochen. Die Teilnehmer wurden informiert, dass ihre personenbezogenen Daten anonymisiert werden. Sowohl der betreuende Arzt/Ärztin als auch der Proband unterschrieben im Anschluss daran eine passend zur Studie angefertigte Einverständniserklärung.

3.2 Tests zur Überprüfung der Ausschlusskriterien

3.2.1 Mini-Mental-Status-Test

Aus vorgenannten Gründen war es im Rahmen dieser Arbeit auch erforderlich, die Patienten auf das eventuelle Vorliegen einer Demenzerkrankung und deren Schweregrad zu untersuchen. Zur Beurteilung des Sachverhaltes wurde der Mini-Mental-Status-Test (MMST) eingesetzt (Folstein 1975).

Der MMST wird in vielen Studien zur demenziellen Diagnostik als Ziel- bzw. Vergleichsgröße herangezogen, obwohl er nur teilweise testtheoretischen Ansprüchen genügt.

Der Test besteht aus elf Fragen bzw. Aufgaben, die sich mit der Merkfähigkeit, Orientierung, Aufmerksamkeit, dem Gedächtnis und der Erinnerungsfähigkeit beschäftigen. Außerdem deckt er die Bereiche Schreiben, Lesen und visuo-konstruktive Fähigkeiten ab.

Material und Durchführung des MMST

Dem Testleiter liegt ein Fragebogen vor, auf dem alle Teilaufgaben und Fragen beschrieben sind; der Test dauert ca. zehn Minuten.

Der Wertebereich des MMST umfasst 0 - 30 Punkte, wobei ein Ergebnis von 0 Punkten eine schwere kognitive Störung offenbart. Im Gegensatz dazu steht der maximale Score von 30 Punkten; er setzt eine fehlerfreie Beantwortung aller Aufgaben und Fragen voraus.

Die Grenze von einem Normalbefund zu einem pathologischen Defizit liegt im Bereich von 24 - 26 Punkten. Ab bzw. unterhalb dieser Werte sollte eine weitere differentialdiagnostische Abklärung erfolgen. Der MMST ist allerdings kein geeignetes Testverfahren zur Demenzfrühdagnostik ist, da auch eine Punktzahl über 26 eine beginnende Demenz nicht ausschließen kann.

Bei einer Punktzahl von 18 - 20 wird der Übergang von einer leichten zu einer mittelschweren Demenz gesehen. Ab einem Score von etwa zehn Punkten ist vom Übergang einer mittelschweren in eine schwere Demenz auszugehen.

3.2.2 Beck-Depression-Inventar

Ergänzend zum NAI und MMST kam auch das Beck-Depressions-Inventar (BDI) zum Einsatz, um bei den einzelnen Probanden eine bestehende Depression auszuschließen. Das BDI wurde von Aaron T. Beck vor ca. 30 Jahren in Pennsylvania verfasst und wird national und international als Selbstbeurteilungsinstrument eingesetzt. Seine Entstehung geht auf die klinische Beobachtung depressiver Patienten zurück.

Der Fragebogen besteht aus 21, keiner ätiologischen Theorie verpflichteten Punkten, die Auskunft über folgende Gemütszustände geben sollen: traurige Stimmung, Unzufriedenheit, Weinen, Pessimismus, Versagen, Schuldgefühle, Entschlussunfähigkeit, Reizbarkeit, sozialer Rückzug, Schlafstörungen, Appetitverlust und andere.

Das BDI kann bei Jugendlichen ab 16 Jahren und Erwachsenen, auch höheren Alters, zum Einsatz kommen. Es setzt allerdings eine selbstständige Beantwortung der Fragen voraus. Zur Anwendung kommt das BDI vor allem bei depressiven Patienten bzw. bei Patienten mit Verdacht auf eine Depression. Das BDI wird von den meisten psychiatrischen Patienten akzeptiert und erweist sich auch bei Verlaufskontrollen als sehr sinnvolles Testinstrument. Lebensalter, Geschlecht und nosologisch-diagnostische Eingruppierung des Probanden fließen nicht mit in das Testergebnis ein. In diesem Inventar werden alle momentan relevanten psychiatrischen Beschwerden abgedeckt.

Die meisten Patienten brauchen nach vorangegangener Anleitung nicht mehr als zehn, höchstens 15 Minuten zur Bearbeitung der 21 Aussagekomplexe. Einen gewissen Grad an Einfluss auf die Bearbeitungszeit haben das Alter, die Antriebshemmung und die Entscheidungsfreudigkeit der Testperson (Beck et al., 1987).

3.2.3 Edinburgh Handedness Inventory

Das Edinburgh Handedness Inventory (EHI) wurde 1971 von R.C. Oldfield (Oldfield, 1971) erstellt. In der vorliegenden Arbeit wurde dieser Test eingesetzt, um die Patienten hinsichtlich Ihrer Händigkeit festzulegen. Inhalt ist ein Fragebogen, der Tätigkeiten des täglichen Lebens ermittelt wie Schneiden, Schreiben, einen Ball werfen. Die Testperson muss angeben, mit welcher Hand die jeweilige Tätigkeit ausgeübt wird (Williams, 1986).

3.2.4 Regensburger Wortflüssigkeits-Test

Der Regensburger Wortflüssigkeits-Test (RTW) geht auf Aschenbrenner et al. (2000) zurück. Er dient als diagnostisches Verfahren zur Erfassung der Wortflüssigkeit. In einem Zeitraum von ein oder zwei Minuten müssen Lösungen verbal generiert werden. Inhalt des RTW sind jeweils fünf Untertests, die sowohl die formallexikalische als auch die semantische Wortflüssigkeit testen. Es können für beide Formen der Wortflüssigkeit parallele Messungen durchgeführt werden. Zwei weitere Untertests dienen der Erfassung des Wechsels innerhalb der beiden Kategorien.

Die jeweiligen Untertests sind einzeln durchführbar; Normwerte für die beiden unterschiedlichen Bearbeitungszeiten stehen zur Verfügung.

Empfohlen wird die Durchführung von vier Untertests mit jeweils zwei Minuten Bearbeitungsdauer.

In der vorliegenden Arbeit wurden für den Teil A die Untertests Sportarten – Früchte (Kategorienwechsel) und Tiere für die semantische Wortflüssigkeit getestet und für die formallexikalischen Unterabschnitte G - R-Wörter (Kategorienwechsel) und p-Wörter untersucht.

In Testreihe B kamen die Untertests Kleidungsstücke - Blume und Lebensmittel zum Einsatz, sowie H – T - und M-Wörter.

Für jedes richtig genannte Item innerhalb von je zwei Minuten wurde je ein Punkt vergeben (Aschenbrunner et al., 2000).

3.2.5 Wortschatz-Test

Der Wortschatz-Test (WST) aus dem Jahre 1992 geht auf Schmidt und Metzler zurück. Er macht es möglich, eine rasche Aussage über das verbale Intelligenzniveau zu treffen und dient zusätzlich als Beurteilungskriterium des Sprachverständnisses. Es ist außerdem möglich, das prämorbid Intelligenzniveau bei leichter bis mittelschwerer hirnnorganisch bedingter Beeinträchtigung abzuschätzen. Der WST kann auch zur Verlaufsbeurteilung einer Demenz eingesetzt werden.

Der in dieser Arbeit angewendete Test besteht aus 37 Zeilen und enthält jeweils ein Zielwort und vier sinnleere, dem Zielwort ähnliche Wortkonstruktionen.

Mit aufsteigender Zeile wird der Schwierigkeitsgrad erhöht. Ziel ist es, das richtige Wort durchzustreichen. Jedes richtig markierte Wort ergibt einen Punkt. Die Bearbeitungszeit sollte 15 Minuten nicht überschreiten (Schmidt et al. 1992).

- 10. Kirse – Sirke – Krise – Krospe – Serise**
- 19. Dissonanz – Diskrisanz – Distranz – Dinotanz – Siodenz**
- 31. Sickaber – Bassiker – Kassiber – Sassiker – Askiber**

Abbildung 8. Beispiel Wortschatz-Test.

3.3 Ausgewählte Testmaterialien

Das NAI besteht aus sieben Fragebogen und elf Leistungstests. Die Fragebogen dienen zum einen der Fremdbeurteilung durch den Untersucher und zum andern der Selbstbeurteilung durch die Testperson.

Die Leistungsprüfungen lassen sich wiederum in vier Geschwindigkeits- und sieben Gedächtnistests untergliedern, wobei diese auf das Primärgedächtnis (passives, kurzfristiges Memorieren) und das Sekundärgedächtnis (aktives, z. T. mittelfristiges Memorieren) abzielen.

Ob es zu einer Veränderung der Merkfähigkeit nach Carotis-Stent-Angioplastie bei asymptomatischen Patienten kommt, lässt sich mit den gedächtniszentrierten Verfahren erfassen, die in dieser Studie zur Anwendung kamen. Nachfolgend werden die wesentlichen Inhalte und die Durchführung dieser Tests näher erläutert.

3.4 Testmaterialien für den Bereich Primärgedächtnis

Unter den Teilbereich Primärgedächtnis fallen die Tests Zahlennachsprechen (ZN-G) und unmittelbare Wortliste (WLFR).

3.4.1 Zahlennachsprechen

Einer der ältesten, systematischen Gedächtnistests ist, mündlich vorgetragene Zahlenreihen abfolgerichtig aus dem Gedächtnis wiederzugeben. Der Zahlennachsprech-Test (ZN-G) setzt sich aus zwei Aufgabenteilen zusammen. Im ersten Teil wird eine Wiederholung der Zahlen in identischer Reihenfolge gefordert, im zweiten muss die Testperson das Vorgegebene in umgekehrter Abfolge wiedergeben.

Der ZN-G kann als Maß für die Gedächtnisspanne angesehen werden, so dass sich ohne großen Aufwand kurzfristige, passive Gedächtnisleistungen überprüfen lassen. Diese Gedächtnisprüfung stellt eine typische Informationserhaltungsaufgabe dar, individuelle Strategien des Zahlenverknüpfens und -gruppierens kommen zum Einsatz.

Es bestehen mehrere theoretische Ansätze zum vorwärtigen Zahlennachsprechen. Einer davon ist die ordinale Positionshypothese. Sie geht davon aus, dass "[...] beim seriellen Lernen eine Verknüpfung zwischen der jeweiligen Zahlenposition und der Zahl selbst stattfindet und von den Positionen ausgehend eine Zahlenwiedergabe erfolge" (Oswald et al., 1999).

Mehr-Speicher-Gedächtnismodelle stellen eine weitere, theoretische Möglichkeit dar, den vorwärtigen Zahlennachsprech-Test zuzuordnen. Im NAI ist

nach Waugh und Norman (1965) das Primärgedächtnis als eine aufnahmefähig beschränkte Instanz beschrieben, die Informationen behält, aber nicht aktiv bearbeitet. Dies trifft auf den ZN-G nicht im vollen Ausmaße zu. Es wurde nämlich des Öfteren beobachtet, dass Merkhilfen zu einer Verbesserung der Resultate geführt haben, sodass auch diese aktiven Prozesse nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Die Tatsache, dass für Memorierhilfen bei der Standardinstruktion des ZN-G kaum Raum besteht, hebt jedoch den in diesem Test sehr hohen Anteil des Primärgedächtnisses hervor.

Offenbar kommen jedoch unterschiedliche Memorierstrategien beim rückwärtigen Zahlennachsprechen zum Einsatz. Bei dieser Teilprüfung des ZN-G muss sich die Testperson an Zahlen, die in vorderer Position stehen, ungleich länger erinnern, als an solche, die an einer späteren Position folgen. Man geht davon aus, dass nur die Reproduktion der zuletzt genannten Zahlen aus dem Primärgedächtnis erfolgt, und sich die Darbietung der zuerst vorgegebenen Zahlen auf die Memorierhilfe bezieht. Der Zahlennachsprech-Test ist folglich nicht als Ganzes dem Primärgedächtniskonzept zuzuordnen, sondern nur die erste Teilkomponente, das vorwärtige Nachsprechen.

Material und Durchführung des ZN-G-Tests

Dem Untersucher liegt ein Testbogen vor, auf dem verschiedene Zahlenabfolgen abgedruckt sind und die Ergebnisse protokolliert werden. Die Durchführung des gesamten ZN-G dauert etwa fünf Minuten, wobei eine einstellige Zahl pro Sekunde vorgesprochen wird, und zum Abschluss einer Reihe durch ein deutliches Absenken der Stimme auf deren Ende hinweist. Beim vorwärtigen Nachsprechen enthält die längste Reihe neun Zahlen und beim rückwärtigen acht. Daraus ergibt sich eine maximale Behaltensspanne der Gesamtinformation von ca. 20 Sekunden für beide Teilbereiche.

Im ZN-G werden Zahlenwiederholungen, identische Anfangs- und Endzahlen sowie gleiche Zahlenabfolgen ausgeschlossen, es werden Zahlen zwischen "1" und "9" verwendet.

Die Testung wird nach zwei aufeinander folgenden falschen Zahlenwiedergaben abgebrochen.

Das Testergebnis ergibt sich aus der Summe der beiden Teilbereiche, wobei die jeweils längste, korrekt wiedergegebene Zahlenfolge ausschlaggebend ist.

3.4.2 Unmittelbare Wortliste

Bei diesem Test handelt es sich um eine verbale Merkfähigkeitsprüfung. Die Aufgabe für den Probanden besteht darin, eine vorgegebene Wortliste zunächst unmittelbar frei zu reproduzieren und danach zeitverzögert wieder zu erkennen.

Der Wortliste-Test (WL) gehört zu den traditionell durchgeführten Untersuchungsmethoden verbaler Lern- und Behaltensleistungen. Ziel des WL ist eine Überprüfung des Kurzzeitgedächtnisses durch die direkte Abfrage der genannten Wörter. Aus der Differenz zwischen der unmittelbaren freien Reproduktion und dem verzögerte Wiedererkennen der Wörter nach 20 - 30 Minuten lassen sich außerdem Informationen zu Abrufprozessen gewinnen.

Material und Durchführung des Tests Unmittelbare Wortliste

Aufgrund von verschiedenen Studien wurde die Anzahl der vorzugebenden Wörter auf acht beschränkt. Bei einer Begrenzung auf acht Worte erweckten die Patienten nur selten den Eindruck, überfordert zu sein. "Aus gedächtnispsychologischer Sicht ist davon auszugehen, dass sich in der Reproduktionsgüte einer acht Worte umfassenden Liste sowohl die kurzfristige Merkkapazität als auch eine enkodierungsabhängige, verbale Behaltensleistung widerspiegelt" (Oswald et al., 1999).

Die Auswahl der Worte bezieht sich auf die von Pavio begründeten, behaltensrelevanten Wortmerkmale Bedeutungshaltigkeit, Bildhaftigkeit und Konkretheit/Abstraktheit (Paivio, 1971). Auf dieser Grundlage wurden später zweisilbige Substantive ausgewählt, wobei identische Anfangsbuchstaben innerhalb der Wortliste vermieden wurden. Außerdem erfolgte eine Untertei-

lung der Begriffe in die Kategorien Mensch, Natur, abstrakte Begriffe und Haus/Wohnen. Ein besonderes Augenmerk lag darauf, dass sich bei benachbarten Worten keine geläufigen Assoziationen bilden lassen.

Die Wortliste wird vom Leiter in festgelegtem Sprechtempo (ein Wort je zwei Sekunden) mündlich vorgegeben. Daraufhin erfolgt die unmittelbare Reproduktion durch den Probanden, wobei die Abfolge der Wörter keine Relevanz hat. Der Testwert ergibt sich aus der Anzahl der korrekt genannten Wörter, wobei auch die Nennung von synonymen Begriffen (z.B. Fest für Feier) als richtige Antwort gewertet wird. Auf die verzögerte Wiederholung der Prüfung wird der Proband nicht hingewiesen.

3.5 Testmaterialien für den Bereich Sekundärgedächtnis

Für den Sektor des Sekundärgedächtnisses erfolgten die Leistungsprüfungen mit folgenden Tests

- verzögerte Wortliste (WLWE)
- Bildertest (BT)
- Wortpaare (WP)
- Figurentest (FT)
- Latentes Lernen (LL)

Bilder- und Figurentest liegen jeweils in gebundener Form aus PVC-Material vor.

3.5.1 Verzögerte Wortliste

Der Test verzögerte Wortliste baut auf der zuvor beschriebenen Aufgabenstellung der unmittelbaren Wiedergabe von acht standardisierten Begriffen auf. Dem Testleiter liegt ein Bogen mit der Liste der acht standardisierten Wörter vor. Diese Liste wurde um acht Distraktoren nach identischen Kriterien ergänzt. Der Begriff Distraktor bezeichnet eine zur Auswahl angebotene Antwort, die aber nicht richtig ist.

Der Wiedererkennungstest erfolgt nach dem ersten Wortlistetest im Zeitabstand von etwa 20 - 30 Minuten. Aufgabe des Probanden ist nun, die anfänglich im unmittelbaren Wortetest vorgegebenen Substantive zu erkennen und sie von den neuen, unbekannten Distraktoren zu unterscheiden. Der Testleiter hält die korrekt und irrtümlich wiedererkannten Wörter separat fest. Die Differenz aus beiden ergibt den Testwert.

3.5.2 Bildertest

Im Zentrum des Bildertests (BT) steht die Verarbeitung dargebotener Bilder unter Zuhilfenahme verbaler Benennungen. "Die [...] Gedächtnisleistung umfasst die Aufnahme visueller Informationen, deren kurzfristige visuelle und verbale Speicherung sowie deren Abruf nach einem kurzen Zeitintervall" (Oswald et al., 1999).

Die Erinnerung an visuell vorgeführte, figurale Stimuli im BT stellt eine eigene Teilleistung des Gedächtnisses dar. Verglichen mit der Abspeicherung von Worten kommen beim Erinnern an Bilder verbale und visuelle Verschlüsselungen kombiniert zum Einsatz. Die maximale Speicherkapazität für visuelle Vorlagen ist allerdings schneller erreicht, da ihre Verarbeitung parallel erfolgt. Dagegen werden verbale Signale sequentiell verarbeitet und behalten.

Material und Durchführung des Bildertests

Einfache schwarze Strichzeichnungen mit 0,7mm Strichstärke der Bildhauptkonturen, die auf DIN A5- PVC Material gedruckt sind, dienen als Bildvorlage. Es kommen sieben allgemein bekannte und leicht zu benennende Objekte zum Einsatz. Bei der Auswahl der Bilder wurden in Anlehnung an die Studien von Snodgrass und Vanderwart folgende Kriterien berücksichtigt: Bekanntheitsgrad, Repräsentativität der Abbildung, Bildkomplexität sowie Benennungsübereinstimmung (Snodgrass et al., 1980). Die Sequenz der einzelnen Bilder erfolgt nach dem Zufallsprinzip, wobei Bilder gleicher Kriteriengruppen nicht aufeinander folgen dürfen.

Die Testperson wird angehalten, die für jeweils drei Sekunden gezeigten Bilder selbstständig zu benennen und sich zu merken. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass der Proband seine volle Aufmerksamkeit dem Behaltensmaterial widmet. Kann ein Bild nicht benannt werden, gibt der Testleiter die korrekte Bezeichnung wieder und bittet den Patienten, diese nachzusprechen. Bei mehrfachen, falschen Aufzählungen kann der Bildertest nicht ausgewertet werden.

Der Gesamttestzeit von ca. zwei Minuten folgt die freie mündliche Reproduktion, d.h. ohne unbedingte Einhaltung der vorgegebenen Reihenfolge sollen die verbal-visuell gespeicherten Informationen wiedergegeben werden.

3.5.3 Wortpaare

"Mit dem Test Wortpaare (WP) wird die Fähigkeit geprüft, verbale Assoziationen zu bilden und aus dem Gedächtnis wiederzugeben" (Oswald et al., 1999). Der WP-Test wurde aufgrund der Erkenntnis in das NAI aufgenommen, dass verbale Verbindungen eine grundlegend eigenständige Gedächtnisleistung darstellen.

Material und Durchführung des Wortpaare-Tests

Dieser Test gehört in die Gruppe der Paar-Assoziationsleistungen. In einem festgelegten Zeitraum werden vier zusammenhanglose Wortpaare (z.B. Markt - Kuss) einmalig vorgesprochen. Es werden nur einsilbige Substantive verwendet, wobei der erste Begriff als Stimulus dafür dient, den zugehörigen Response-Begriff bilden zu können. Die Wortauswahl berücksichtigt die Kriterien Bildhaftigkeit, Konkretheit und Bedeutungshaltigkeit.

In den anschließenden vier Abfragerunden wird vom Untersucher jeweils nur der erste Teil des jeweiligen Wortpaarlings genannt. Die Aufgabe der Testperson ist es, den fehlenden Partner des jeweiligen Wortpaares zu ergänzen. Wenn eine Verknüpfung nicht oder nur fehlerhaft hergestellt werden kann, wird diese vom Testleiter wiederholt bzw. korrigiert. In den vier Lerndurchgängen wurde außerdem darauf geachtet, eine unterschiedliche Stimulusab-

folge einzusetzen, um ein serielles Response- oder Stimuluslernen zu vermeiden.

Das Ergebnis folgt aus der Gesamtzahl der korrekt ausgeführten Assoziationen in allen vier Durchgängen.

3.5.4 Figurentest

Ziel des Figurentests (FT) ist, ohne namentliche Bezeichnung, die visuelle Merkfähigkeit zu testen. Es ist davon auszugehen, dass visuelle Reize zunächst nur kurzfristig in "roher", reiznaher Form festgehalten (ikonische Registrierung) werden, bevor sie bildhaft übersetzt in einen spezifischen visuellen Speicher (visuelles Kurzzeitgedächtnis) gelangen. Gegebenenfalls erfolgt danach noch eine Verschiebung in einen visuellen Langzeitspeicher. Verschiedene Befunde und Konzepte gehen davon aus, dass "[...] vor allem für kurzfristig dargebotene visuelle Informationen eine spezifische Enkodierung erfolge" (Oswald et al., 1999).

Material und Durchführung des Figurentests

Der Test besteht aus drei schwarzflächigen Grundfiguren, die auf weiße DIN A4 Vorlagen gedruckt sind. Die Figuren wurden so konzipiert, dass eine rasche Assoziationsbildung fast ausgeschlossen werden kann. Unabhängige Beurteiler stuften sie als "[...] niedrig symbolhaft und niedrig bedeutungshaltig" ein (Oswald et al., 1999). Durch Drehungen und simple Detailmodifikationen der drei Grundfiguren entstanden in der Endfassung zwölf Einzelaufgaben mit vielfältigen Variationen. Der FT beginnt mit einer einzelnen Grundfigur und schließt mit der Kombination aus dreien.

Die Testperson soll nach zehn Sekunden dauernder Vorlage einer Figur, diese unmittelbar aus vier ähnlichen, gleichzeitig dargebotenen Vorlagen nach sorgfältiger Prüfung wiedererkennen. Auf Fehler wird der Proband dabei nicht hingewiesen, das Ergebnis enthält nur die richtig erkannten Figuren.

3.5.5 Latentes Lernen

Im Test Latentes Lernen (LL) wird geprüft, ob der Proband ohne vorherige Anweisung in der Lage ist, Informationen zu erfassen oder zu speichern. Teststimuli sind in diesem Fall die dem LL vorangegangenen Einzeltests. Der Test spiegelt die in der vorangegangenen Testsituation gezeigte Aufmerksamkeit wider. Er gibt des weiteren Auskunft über Strategien zum Abruf von verbal, visuell und motorisch erfahrenen Informationen.

Es hat sich gezeigt, dass "[...] nicht die instruktionsinduzierte Lernintention als solche, sondern der Grad der aktiven Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt Behaltensrelevanz besitzt" (Oswald et al., 1999).

Material und Durchführung des Tests Latentes Lernen

Der LL-Test steht an letzter Stelle der NAI Leistungstests. Aufgabe der Testperson ist es, die vorab bearbeiteten NAI-Tests eindeutig zu benennen oder sie zumindest korrekt zu beschreiben. Die genaue Bezeichnung der Einzeltests sollte deshalb möglich sein, da der Leiter diese während der jeweiligen Testdurchführung zweimalig besonders betont hat.

Dem Untersucher steht ein Testbogen zur Verfügung, auf dem er sowohl die eindeutig benannten Tests als auch die Umschreibungen protokolliert.

4 ERGEBNISSE

4.1 Angewandte statistische Methoden

In der vorliegenden Untersuchung erfolgten die statistischen Auswertungen unter Einsatz von SPSS (Statistical Package of the Social Science) für Windows, Version 18.0 (SPSS Inc., U.S.A.)

Die kontinuierlichen Variablen wurden als Mittelwerte und Mediane (Mittelwerte nach Aussonderung extremer Ergebnisse) dargestellt. Als Streumaße kamen die Standardabweichungen und die Quartile zum Einsatz.

Der Kolmogorov-Smirnov-Test ist der am häufigsten verwendete, nichtparametrische Test auf Normalverteilung. Ist die Gesamtzahl der Stichprobe <50 , sollte auf den Shapiro-Wilk-Test zurückgegriffen werden.

Die Überprüfung der kontinuierlichen Variablen auf ihre Normalverteilung erfolgte deshalb mit dem Shapiro-Wilk-Test. Von einer Normalverteilung ist auszugehen, wenn sich ein Testergebnis für $p > 0,05$ ergibt. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei einem signifikanten Ergebnis ($p < 0,05$) keine Normalverteilung gegeben ist. Um die Stichproben vergleichen zu können, wurden bei einem Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests von $p < 0,05$ für nicht normalverteilte Stichproben entsprechende, nichtparametrische Tests verwendet.

Zwei verbundene, nicht normalverteilte Stichproben wurden mittels Wilcoxon-Test überprüft. Dagegen wurden zwei verbundene, normalverteilte Stichproben durch den t-Test für gepaarte Stichproben verglichen, während für zwei nicht verbundene, normalverteilte Stichproben der t-Test (für unabhängige Stichproben) zum Einsatz kam.

Der Mann-Whitney-U-Test wurde bei nicht normalverteilten Stichproben als nichtparametrisches Verfahren durchgeführt.

Es erfolgte eine zweiseitige Signifikanzprüfung bei allen durchgeführten Tests.

Anmerkungen zur Signifikanz

Bei statistischen Betrachtungen ist von einer Signifikanz auszugehen, wenn p einen Wert $< 0,05$ einnimmt. Angegeben werden entweder der exakte p -Wert (z. B. 0,008) oder das Niveau der Signifikanz (z. B. $p < 0,02$). Die Werte werden dabei normalerweise folgenden Gruppen zugeordnet:

- $p \geq 0,05$ → nicht signifikant
- $p < 0,05$ → signifikant
- $p \leq 0,01$ → sehr signifikant
- $p \leq 0,001$ → höchst signifikant

SPSS gibt Ergebnisse $< 0,001$ mit 0,000 an.

Als statistisch nicht signifikant gelten Werte für p , die geringfügig über 0,05 (z.B. $p=0,06$) liegen. Diese werden als grenzwertige Signifikanz oder als deutlicher Trend bezeichnet.

Allgemeine Anmerkungen zu graphischen Abbildungen

Soweit Ergebnisse als Grafik dargestellt sind, verwendet SPSS Histogramme. Die Darstellung der Mittelwerte bei normalverteilten Stichproben erfolgte mittels Fehlerbalken. Bei der festgestellten, hohen Streubreite wurden zur Erläuterung der Streumaße die Standardfehler genannt. Bei den nicht normalverteilten Stichproben wurden zur Veranschaulichung der Mediane und Quartilsabstände Boxplots verwendet. In den Boxen sind sowohl der Median, als auch die 25- 75 Perzentile aufgetragen. Die T-Balken entsprechen dem kleinsten und größten Wert. Zuvor wurde ausgeschlossen, dass es sich bei diesen nicht um Ausreißer oder Extremwerte handelt. Ausreißer sind Werte, die zwischen eineinhalb- drei Boxlängen außerhalb der Box liegen und sind graphisch als Kreise dargestellt. Die Extremwerte wurden als Kreuze aufgetragen.

4.2 Statistische Auswertungen der Testergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der durchgeführten Gedächtnistests - zunächst bezogen auf die absoluten Werte - als Mittelwerte, Mediane (Mittelwerte, die um extreme Ergebnisse bereinigt wurden) und Standardfehler für die Gruppe der Patienten (PG) und die Kontrollgruppe (KG) zu den beiden Testzeitpunkten vor Intervention (Testzeit eins) und nach Intervention (Testzeit zwei) dargestellt. Die Vergleichbarkeit der Standardfehler ergibt sich dadurch, dass die tatsächlich festgestellte Streuung zweier Datensätze (Standardabweichung) auf den jeweiligen Stichprobenumfang normiert wird.

Weitere Kriterien wie Alter, Geschlecht oder Stenosegrad bleiben hierbei zunächst unberücksichtigt. Für die verschiedenen Tests ergaben sich aus den jeweils gewerteten Antworten folgende Resultate:

Testbezeichnung	Anzahl Probanden	Mittelwert	Median	Standard-Fehler
Zahlennachsprechen				
PG Testzeit 1	41	9,51	9,00	0,292
PG Testzeit 2	41	9,46	9,00	0,291
Diff. PG	0	-0,05	0,00	-0,001
KG Testzeit 1	10	10,3	10,50	0,597
KG Testzeit 2	10	10,5	9,50	0,778
Diff. KG	0	0,20	-1,00	0,181
Unmittelbare Wortliste				
PG Testzeit 1	41	4,00	4,00	0,178
PG Testzeit 2	41	4,12	4,00	0,185
Diff. PG	0	0,12	0,00	0,007
KG Testzeit 1	10	5,00	5,00	0,394
KG Testzeit 2	10	4,60	5,00	0,499
Diff. KG	0	-0,40	0,00	0,105

Tabelle 4: Testergebnisse für den Bereich Primärgedächtnis

Testbezeichnung	Anzahl Probanden	Mittelwert	Median	Standard-Fehler
Wortliste verzögert				
PG Testzeit 1	41	3,15	3,00	0,356
PG Testzeit 2	41	3,85	4,00	0,357
Diff. PG	0	+0,70	1,00	0,001
KG Testzeit 1	10	3,40	3,50	0,846
KG Testzeit 2	10	4,00	3,50	0,730
Diff. KG	0	+0,60	0,00	-0,116
Bildertest				
PG Testzeit 1	41	5,00	5,00	0,148
PG Testzeit 2	41	5,07	5,00	0,141
Diff. PG absolut	0	0,07	0,00	-0,007
KG Testzeit 1	10	4,80	5,00	0,291
KG Testzeit 2	10	4,90	5,00	0,379
Diff. KG	0	+0,10	0,00	+ 0,088
Wortpaare				
PG Testzeit 1	41	5,46	6,00	0,675
PG Testzeit 2	41	4,88	4,00	0,667
Diff. PG	0	-0,58	-2,00	-0,008
KG Testzeit 1	10	7,80	6,00	1,825
KG Testzeit 2	10	6,50	5,50	1,408
Diff. KG	0	-1,30	-0,50	-0,417

Tabelle 5.1: Ergebnisse der Tests für den Bereich Sekundärgedächtnis

Testbezeichnung	Anzahl Probanden	Mittelwert	Median	Standard-Fehler
Figurentest				
PG Testzeit 1	41	9,05	9,00	0,281
PG Testzeit 2	41	9,34	10,00	0,251
Diff. PG absolut	0	+0,29	+1,00	-0,030
KG Testzeit 1	10	9,30	9,50	0,517
KG Testzeit 2	10	9,70	10,00	0,396
Diff. KG	0	+0,40	+0,50	-0,121
Latentes Lernen				
PG Testzeit 1	41	4,27	5,00	0,218
PG Testzeit 2	41	4,10	4,00	0,246
Diff. PG absolut	0	-0,17	-1,00	0,028
KG Testzeit 1	10	4,70	4,50	0,367
KG Testzeit 2	10	5,30	5,50	0,335
Diff. KG	0	0,60	1,00	-0,032

Tabelle 5.2: Ergebnisse der Tests für den Bereich Sekundärgedächtnis

Aus den Ergebnissen der beiden Tests unmittelbare Wortliste und verzögerte Wortliste wurde durch Addition der Einzelwerte zum jeweiligen Testzeitpunkt für beide Gruppen ein Gesamtergebnis gebildet.

Testbezeichnung	Anzahl Probanden	Mittelwert	Median	Standard-Fehler
Wortliste gesamt				
PG Testzeit 1	41	7,15	7,00	0,433
PG Testzeit 2	41	7,98	8,00	0,464
Diff. PG	0	0,83	1,00	0,031
KG Testzeit 1	10	8,40	7,50	1,147
KG Testzeit 2	10	8,60	8,50	1,147
Diff. KG	0	0,20	1,00	0,000

Tabelle 6: Summarisches Ergebnis Wortliste gesamt

Alle vorstehenden Daten weisen für die verschiedenen Tests im Testzeitpunkt 2 zum größten Teil nur geringfügige Veränderungen gegenüber den Werten im Testzeitpunkt 1 auf. Schon hieraus konnte die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine signifikante Veränderung der Gedächtnisleistung eher nicht zu erwarten war.

4.2.1 Prüfung der vorliegenden Ergebnisse auf Normalverteilung

Im nächsten Schritt musste verifiziert werden, mit welcher statistischen Methode die Signifikanz der festgestellten Veränderungen ermittelt werden muss. Dazu bedurfte es einer Klärung der Frage, ob die jeweils vorliegenden Ergebnisse eine Normalverteilung aufweisen.

Die Testung auf Normalverteilung erfolgte mit dem Shapiro-Wilk-Test, da beide Stichproben (Patienten- und Kontrollgruppe) weniger als 50 Teilnehmer umfassten.

Die Tabellen 1 und 2 im Anhang zeigen die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung.

Gesamtergebnis der Prüfung auf Normalverteilung

Von jeweils 24 Ergebnissen je Gruppe (acht vor und acht nach Intervention und achtmal die daraus gebildete Differenz) ergaben sich in der Patientengruppe 14 Fälle (58,3% der Ergebnisse), in denen von einer Signifikanz für normalverteilte Stichproben auszugehen ist. In der Kontrollgruppe ergab sich diese lediglich für 25% der Resultate und damit für einen deutlich geringeren Anteil der Ergebnisse.

4.2.2 Vergleich der Ergebnisse vor und nach Intervention

Ob die zwischen den jeweiligen Testzeitpunkten eins und zwei erhobenen Veränderungen als signifikant zu werten sind ($p < 0,05$), wurde bei zwei verbundenen, normalverteilten Stichproben durch den t-Test für gepaarte Stichproben ermittelt. Ansonsten kam der Wilcoxon-Test zum Einsatz.

Der Wilcoxon-Test wird bei verbundenen Stichproben, bei denen keine Normalverteilung vorliegt, angewendet und ist somit ein nichtparametrischer Test. Der Wilcoxon-Test vergleicht die Verteilung beider Variablen anhand der Differenzen zwischen den Wertepaaren. Zunächst werden diese Differenzen berechnet und nach ihrer absoluten Größe in eine Rangordnung gebracht. Anschließend werden die mittleren Rangzahlen der positiven und der negativen Differenzen berechnet. Auf Basis dieser Beobachtung wird ein Signifikanztest durchgeführt, der überprüft, ob beide Stichproben einer Grundgesamtheit mit identischer Verteilung entstammen.

4.2.3 Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen: Patientengruppe

Für die zu den einzelnen Tests erhobenen Differenzen zwischen den Testzeitpunkten eins und zwei zeigten sich für die Gruppe der Patienten folgende Ergebnisse für die zweiseitige, asymptotische Signifikanz:

Ergebnisveränderung aus den Tests (Differenz nachher – vorher)	Statistisches Testverfahren	Asymptotische Signi- fikanz (2-seitig)
Wortliste unmittelbar nachher (n) - Wortliste unmittelbar vorher (n)	Wilcoxon-Test	0,578
Zahlennachsprechen nachher (n) - Zahlennachsprechen vorher (n)	Wilcoxon-Test	0,880
Wortliste verzögert vorher (n) - Wortliste verzögert nachher (n)	t-Test bei gepaar- ten Stichproben	0,073
Bildertest nachher (n) – Bildertest vorher (n)	Wilcoxon-Test	0,612
Figurentest nachher (n) – Figurentest vorher (n)	Wilcoxon-Test	0,413
Wortpaare nachher (n) – Wortpaare vorher (n)	Wilcoxon-Test	0,454
Latentes Lernen nachher (n) – Latentes Lernen vorher (n)	Wilcoxon-Test	0,548
Wortliste gesamt vorher (n) – Wortliste gesamt nachher (n)	t-Test bei gepaar- ten Stichproben	0,093

Tabelle 7: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen der Patientengruppe

Im Vergleich der Ergebnisse der Patientengruppe vor und nach Stenting waren keine besonders auffälligen Veränderungen festzustellen. Lediglich bei den Tests Wortliste verzögert und Wortliste gesamt ergab sich eine grenzwertige Signifikanz bzw. ein deutlicher Trend zu einer signifikanten Verbesserung. Diese beiden Ergebnisse sind nachfolgend detailliert dargestellt

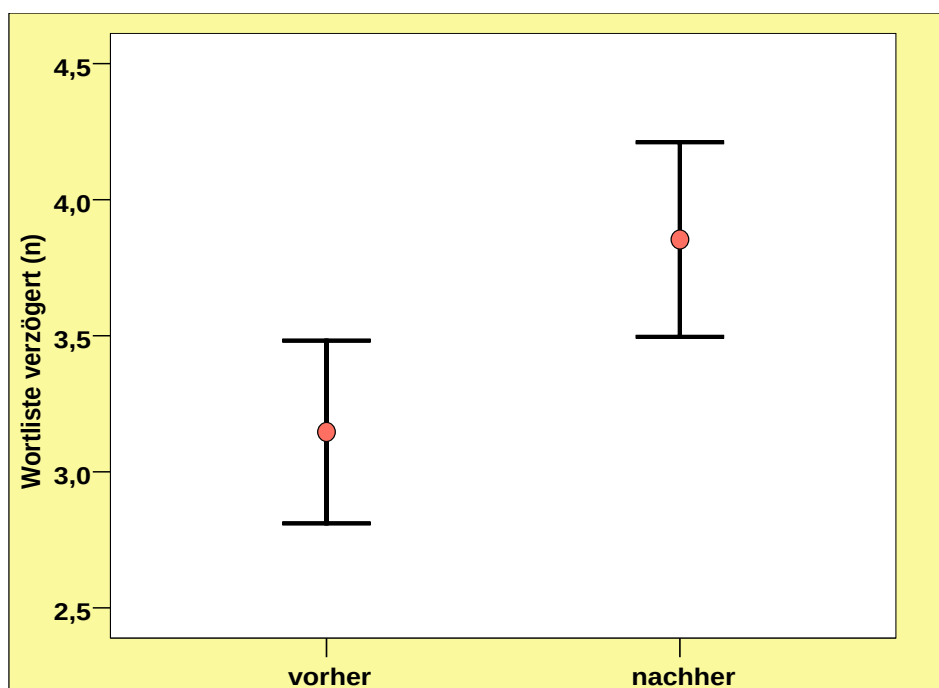


Abbildung 9: Wortliste verzögert vorher vs. nachher, Gruppe Patienten

		Wortliste verzögert vorher (n)	Wortliste verzögert nachher (n)	Differenz Wortliste verzögert (n)
N	Gültig	41	41	41
Mittelwert		3,15	3,85	0,71
Standardfehler des Mittelwertes		0,336	0,357	0,385
Median		3,00	4,00	1,00
Standardabweichung		2,151	2,286	2,462
Minimum		-2	-2	-7
Maximum		7	8	6

Tabelle 8: Statistische Auswertung der Ergebnisveränderungen für den Test Wortliste verzögert vorher vs. nachher, Gruppe Patienten

t-Test bei gepaarten Stichproben	Sig. (2-seitig)
Wortliste verzögert nachher (n)) - Wortliste verzögert vorher (n)	0,073

Tabelle 9: Statistische Signifikanz des Ergebnisses Wortliste verzögert vorher vs. nachher, Gruppe Patienten

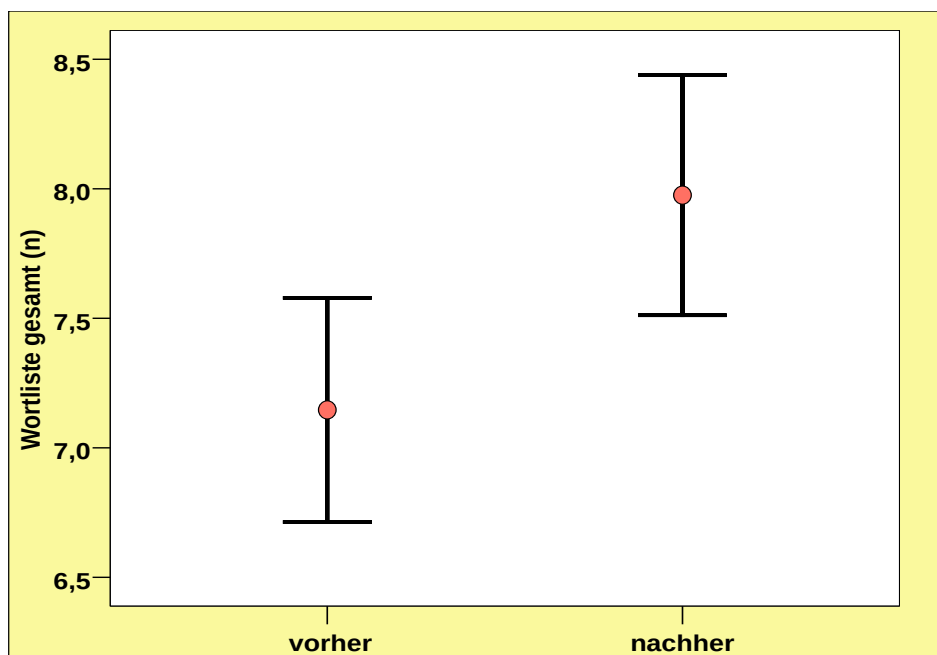


Abbildung 10: Wortliste gesamt vorher vs. nachher, Gruppe Patienten

		Wortliste gesamt vorher (n)	Wortliste gesamt nachher (n)	Differenz Wortliste gesamt (n)
N	Gültig	41	41	41
Mittelwert		7,15	7,98	0,83
Standardfehler des Mittelwertes		0,433	0,464	0,483
Median		7,00	8,00	1,00
Standardabweichung		2,771	2,971	3,090
Minimum		2	1	-9
Maximum		13	13	7

Tabelle 10: Statistische Auswertung der Ergebnisveränderungen für den Test Wortliste gesamt vorher vs. nachher, Gruppe Patienten

t-Test bei gepaarten Stichproben	Sig. (2-seitig)
Wortliste gesamt nachher (n) - Wortliste gesamt vorher (n)	0,093

Tabelle 11: Signifikanz des Ergebnisses Wortliste gesamt vorher vs. nachher, Gruppe Patienten

4.2.4 Ergebnisveränderungen Patientengruppe vs. Kontrollgruppe

In einem weiteren Schritt wurden die Differenzen aus den Ergebnissen zu den Testzeitpunkten eins und zwei aus der Gruppe der Patienten mit den entsprechenden Unterschieden aus der Kontrollgruppe für jeden einzelnen Gedächtnistest verglichen und auf Signifikanz geprüft.

Die Ergebnisse dieser Prüfung (Werte für p) stellten sich wie folgt dar:

Differenzen (nachher - vorher) des Tests	Statistisches Testverfahren	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Wortliste unmittelbar (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,149
Zahlennachsprechen (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,636
Wortliste verzögert (n)	t-Test	0,894
Bildertest (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,670
Figurentest (n)	t-Test	0,877
Wortpaare (n)	t-Test	0,715
Latentes Lernen (n)	Welch-Test	0,052
Wortliste gesamt (n)	Welch-Test	0,330

Tabelle 12: Signifikanzen der Ergebnisveränderungen Patienten vs. Ergebnisveränderungen der Kontrollgruppe

Auch hier wurden für p Werte ermittelt, die deutlich außerhalb des signifikanten Bereichs liegen.

4.2.5 Differenzierter Ergebnisvergleich nach spezifischen Kriterien

Nach den Ergebnissen der vorstehend beschriebenen statistischen Untersuchungen stellte sich die Frage, ob eine differenzierte Auswertung unter Berücksichtigung der Struktur der Patientengruppe weitergehende Erkenntnisse liefern könnte. Daher wurden für die Gruppe der Patienten die Differenzen aus den Testzeitpunkten eins und zwei nach folgenden spezifischen Kriterien verglichen:

- Geschlecht: männlich vs. weiblich
- Altersklassen: <66 Jahre vs. 67+ Jahre
- Stenosegrad (ipsilateral): <90% vs. 90+%

Die Ergebnisse dieser Prüfung (Werte für p) stellten sich wie folgt dar:

Differenzen des Tests (nachher – vorher)	Statistisches Testverfahren	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Wortliste unmittelbar (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,709
Zahlennachsprechen (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,325
Wortliste verzögert (n)	t-Test	0,462
Bildertest (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,827
Figurentest (n)	Welch-Test	0,109
Wortpaare (n)	t-Test	0,876
Latentes Lernen (n)	t-Test	0,862
Wortliste gesamt (n)	t-Test	0,584

Tabelle 13: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen nach Merkmal Geschlecht : männlich vs. weiblich, Patientengruppe

Differenzen (nachher - vorher) des Tests	Statistisches Testverfahren	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Wortliste unmittelbar (n)	Mann-Whitney-U-Test	1,000
Zahlennachsprechen (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,552
Wortliste verzögert (n)	t-Test	0,828
Bildertest (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,978
Figurentest (n)	t-Test	0,847
Wortpaare (n)	t-Test	0,442
Latentes Lernen (n)	t-Test	0,148
Wortliste gesamt (n)	t-Test	0,847

Tabelle 14: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen nach Merkmal Alter, Patientengruppe, Alter <66 vs. 67

Differenzen (nachher – vorher) des Tests	Statistisches Testverfahren	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Wortliste unmittelbar (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,713
Zahlennachsprechen (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,072
Wortliste verzögert (n)	Welch-Test	0,623
Bildertest (n)	Mann-Whitney-U-Test	0,044
Figurentest (n)	t-Test	0,916
Wortpaare (n)	t-Test	0,121
Latentes Lernen (n)	Welch-Test	0,819
Wortliste gesamt (n)	t-Test	0,523

Tabelle 15: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen nach Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe, Stenosegrad <90% vs. 90+%

Auch durch die Einbeziehung weiterer Testkriterien konnten im Vergleich der Differenzen nach Geschlecht, Altersklassen und Stenosegrad keine den vorhergehenden Ergebnissen entgegenstehende Erkenntnisse gewonnen werden. Lediglich beim Kriterium eines unterschiedlichen Stenosegrades konnten für den Test Zahlennachsprechen eine grenzwertige und für den Bildertest sogar eine tatsächliche Signifikanz ermittelt werden. Beide Ergebnisse sind nachfolgend detailliert dargestellt:

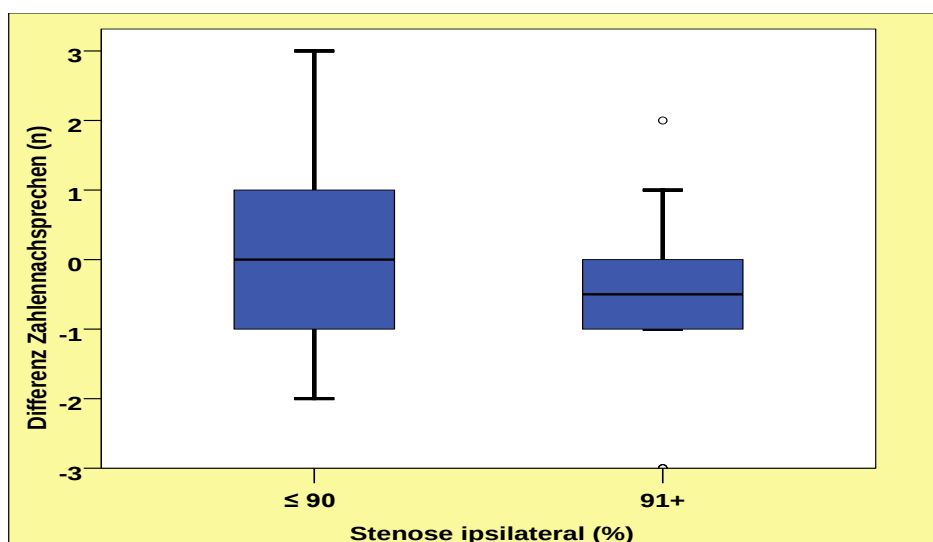


Abbildung 11: Ergebnisdifferenzen im Test Zahlennachsprechen bei verschiedenem Stenosegrad, Patientengruppe

Stenose ipsilateral (%)	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum	N
≤ 90	0,32	1,314	0,00	-2	3	25
91+	-0,63	1,455	-0,50	-3	2	16
Insgesamt	-0,05	1,431	0,00	-3	3	41

Tabelle 16: Statistische Auswertung für den Test Zahlennachsprechen nach dem Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe

Mann-Whitney-U-Test	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Differenz Zahlen-Nachsprechen (n)	0,072

Tabelle 17: Signifikanz der Ergebnisdifferenzen im Test Zahlennachsprechen bei verschiedenem Stenosegrad; Patientengruppe

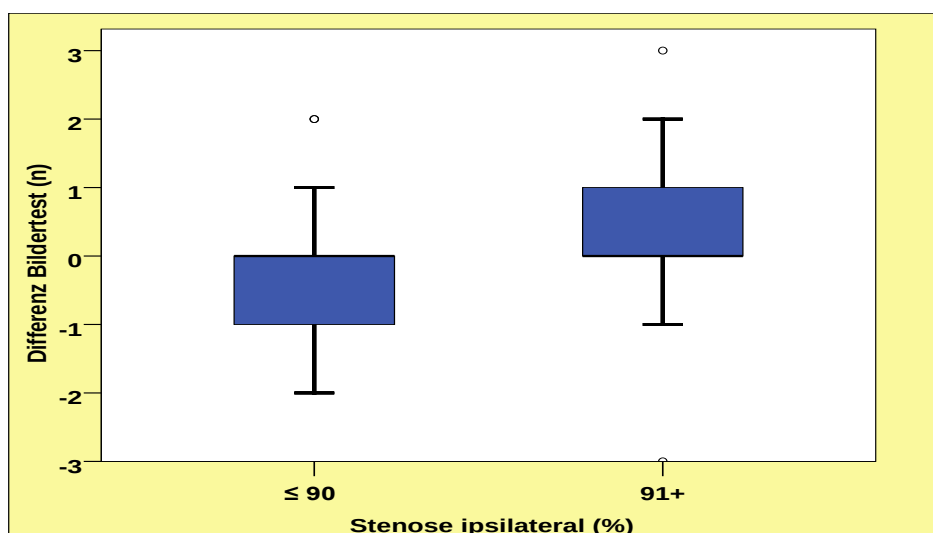


Abbildung 12: Ergebnisveränderungen im Bildertest nach dem Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe

Stenose ipsilateral (%)	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum	N
≤ 90	-0,16	0,943	0,00	-2	2	25
91+	0,44	1,365	0,00	-3	3	16
Insgesamt	0,07	1,149	0,00	-3	3	41

Tabelle 18: Statistische Auswertung für den Bildertest nach dem Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe

Mann-Whitney-U-Test	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Differenz Bildertest (n)	0,044

Tabelle 19: Signifikanz der Ergebnisdifferenzen im Bildertest bei verschiedenem Stenosegrad, Patientengruppe

Die vorstehend für den Bildertest ermittelte, statistisch relevante Signifikanz von $p=0,044$ weicht nur minimal von einem deutlichen Trend ab. Sie hat auch zusammen mit den in drei weiteren Fällen ermittelten grenzwertigen Ergebnissen nur ein relativ geringes Gewicht an der Gesamtzahl der ermittelten Resultate. Da durch die statistische Auswertung in 37 von 41 Fällen keine

Signifikanz der Ergebnisse bestätigt werden konnte, lässt sich im Rahmen dieser Studie eine Verbesserung der Gedächtnisleistung nach Carotis-Stentangioplastie nicht nachweisen.

5 DISKUSSION

Die Prävalenz, an einer extrakraniellen Carotisstenose >50% zu erkranken, steigt ab dem 65. Lebensjahr auf >5% an. Das männliche Geschlecht ist dabei doppelt so häufig betroffen wie das weibliche (Eckstein et al., 2013).

In den meisten Studien konnte gezeigt werden, dass das Risiko, einen ipsilateralen Hirninfarkt zu erleiden, mit dem Stenosegrad zunimmt. Bei Stenosen <50% liegt die Wahrscheinlichkeit eines Hirninfarktes bei <1%/Jahr, bei >50 - prozentigen Stenosen ergibt sich bereits ein Wert von 1 - 5%/Jahr (Eckstein et al., 2013).

Ob eine symptomatische oder asymptomatische Carotisstenose invasiv mittels CEA oder CAS behandelt wird, sollte immer interdisziplinär entschieden werden.

Inhalt zahlreicher, großer Untersuchungen, unter anderem der 2008 erschienen SPACE Studie sowie der 2010 publizierten CREST Studie war der Vergleich beider Methoden.

Bei der SPACE Studie handelt es sich um eine internationale, prospektiv randomisierte Untersuchung. In den Jahren 2001 bis 2006 wurden 1214 Patienten mit symptomatischer, hochgradiger Stenose der Arteria carotis interna ($\geq 70\%$) entweder gestentet oder operiert.

Es fanden sich zwischen CAS und CEA weder im Hinblick auf periprozedurale Insulte oder Todesfälle noch auf postinterventionell abgelaufene, ipsilaterale Hirninfarkte signifikante Unterschiede. In der CAS-Gruppe fanden sich 70%ige Rezidivstenosen zwar etwas häufiger, diese wurden allerdings nur in zwei Fällen mit neurologischen Symptomen in Zusammenhang gebracht (Eckstein et al., 2008).

Im Follow-up war bei beiden Behandlungsgruppen die Zahl der ipsilateralen Hirninfarkte nach zwei Jahren ähnlich hoch.

2010 wurden die Ergebnisse der nordamerikanischen CREST Studie vorgestellt. Insgesamt 2502 Patienten mit einer >70%igen Stenose der ACI wurden in die Untersuchung aufgenommen; die erste Hälfte hatte bereits einen Schlaganfall oder eine transitorisch ischämische Attacke erlitten, die zweite war asymptomatisch. Die Patienten wurden auf die Therapie mittels Endarteriektomie bzw. percutane Stentangioplastie randomisiert.

Im Hinblick auf den primären Endpunkt ergaben sich insgesamt keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Es wurde allerdings eine statistisch signifikant höhere Rate an Myokardinfarkten (CEA 2,3% vs CAS 1,1%, $p=0,03$) in der CEA Gruppe verzeichnet und eine signifikant höhere Rate an Schlaganfällen (CAS 4,1% vs CEA 2,3%, $p=0,01$) bei den CAS Patienten.

Ein weiterer Unterschied - bezogen auf die Komplikationsraten - ergab sich aus dem Alter der Probanden. Die Gruppe der unter 70-jährigen hatte weniger Komplikationen beim Stenting, die der über 70-jährigen dagegen weniger bei der Operation (Brott et al., 2010).

Die durch eine Carotisstenose hervorgerufene zerebrale Minderperfusion führt zu typischen Symptomen wie einseitigen Gefühlsstörungen, retinale Ischämie, Sprach- und Sprechstörungen sowie einseitigen Paresen. Zu den untypischen Symptomen zählen neben Kopfschmerzen und Schwindel auch die Gedächtnisstörung (Eckstein et al., 2013).

Der Einfluss speziell der Carotis-Thrombendarteriektomie auf kognitive Funktionen war in der Vergangenheit Ziel mehrerer Studien, bleibt jedoch kontrovers diskutiert.

Neuropsychologische Untersuchungen vor und nach CEA

Parker et al. untersuchten 1986 drei Patientengruppen hinsichtlich neuropsychologischer Veränderungen nach CAE. In der ersten Gruppe befanden sich 36 Patienten, die operiert wurden. In der zweiten Gruppe wurden 17 Teilneh-

mer mit einer Carotisstenose medikamentös behandelt, zusätzlich gab es eine Kontrollgruppe. Die Auswertungen der neuropsychologischen Testergebnisse nach sechs Monaten sowie nach zwei Jahren ergaben keine signifikanten Verbesserungen für die Gruppe der operierten Patienten (Parker et al., 1986).

Eine Untersuchung an 25 thrombektomierten Patienten, die zuvor eine TIA oder einen Schlaganfall erlitten hatten, wurde von Hemmingsen et al. 1982 durchgeführt. Die Erhebung der intellektuellen Leistungsfähigkeit fand zwei Wochen sowie acht Monate nach dem Eingriff statt. Im Vergleich zu den Resultaten vor der OP fiel die erste postoperative Testung spürbar schlechter aus, was möglicherweise auf die Mattigkeit der Patienten und die Nachwirkungen der Anästhesie zurückzuführen war. Ein statistisch signifikant verbessertes Ergebnis (in sechs Einzeltests) im Vergleich zu den präoperativ erhobenen Befunden zeigte sich bei den nach acht Monaten durchgeführten Kontrolltestungen. Besonders zu erwähnen ist, dass sich bei zwölf Personen mit CEA auf der linken Seite die Testergebnisse verbesserten, die der linken Hemisphäre zugeordnet werden kann (Wortpaare, Labyrinthtest). Mit den Patienten, die rechts operiert wurden, verhielt es sich in 13 Fällen gleichermaßen. Auch hier kam es zu einer Verbesserung der Testresultate, mit denen die rechte Hemisphäre in Verbindung gebracht wird (z.B. visuelle Gestaltung).

Über eine leichte Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten berichten Diener et al. (1984). Neben drei asymptomatischen Patienten wurden 23 Probanden, von denen 15 präoperativ eine TIA und fünf einen Schlaganfall erlitten hatten, vor und zehn Monate nach CEA untersucht.

Die Anzahl der Studien, die eine mögliche Veränderung der kognitiven Leistung durch CAE untersuchten, ist groß und die Ergebnisse widersprechen sich häufig. Daher haben im Jahr 1999 Lunn et al. 28 Studien miteinander verglichen, um klären zu können, ob eine Operation tatsächlich Einfluss auf die kognitiven Fähigkeiten der Patienten hat. In 16 von 28 Studien kam es zu einer Verbesserung der Gedächtnisfunktion, in den übrigen zwölf war diese nicht nachweisbar. Vor 1984 durchgeführte Studien zeigten tendenziell eine

Verbesserung, danach durchgeführte eher eine Verschlechterung. Außerdem konnte ein positives Ergebnis hinsichtlich der kognitiven Funktion bei den Studien nachgewiesen werden, bei denen ein langer Zeitraum zwischen OP und Bewertung lag.

Die Studien differierten außerdem stark in ihren methodischen Faktoren wie Grad und Seite der Carotisstenose, Stichprobengröße, Reihenfolge und Auswahl der kognitiven Tests sowie die Art der Patienten- und Kontrollgruppe. Da das Verhältnis von 16 verbesserten zu zwölf nicht verbesserten Studien kein wirklich eindeutiges Ergebnis darstellt, lässt sich auch keine eindeutige Schlussfolgerung bezüglich der kognitiven Auswirkungen nach Carotisendarterektomie ziehen.

Neuropsychologische Untersuchungen vor und nach CAS

Die Veränderung der kognitiven Funktionen nach perkutaner Carotis-Stentangioplastie war mittlerweile ebenfalls Gegenstand mehrerer Studien.

Im Jahr 2000 veröffentlichten Crawley et al. die Ergebnisse von 20 PTA-Patienten im Vergleich mit 26 operierten Personen. Obwohl die PTA-Gruppe während des Eingriffs eine höhere Embolierate aufwies, waren nach sechs Monaten die neuropsychologischen Testergebnisse zu denen der CEA Gruppe vergleichbar.

Rango et al. diskutierten 2008 ebenfalls, ob die beiden Revaskularisationsverfahren denselben Einfluss auf die kognitiven Funktionen haben. Ihnen standen insgesamt 32 Publikationen zur Verfügung, die Sie miteinander verglichen haben. In 25 wurden die kognitiven Veränderungen nach CEA und in vier nach Stenting untersucht. Drei Studien befassten sich mit dem Vergleich der beiden Methoden. Die Studien unterschieden sich hinsichtlich mehrerer Kriterien wie z. B. der Kollektivgröße oder der Testzeitpunkte. Der Vergleich der Studien zeigte keine eindeutige Verbesserung der kognitiven Funktionen, weder bei der CEA noch bei der CAS. Des Weiteren ließen sich auch keine gemeinsamen Tendenzen der Verbesserung in verschiedenen Teilgebieten wie Gedächtnisfunktion oder Aufmerksamkeit verzeichnen (Rango et al., 2008).

Lehrner et al. untersuchten 2005 ob es nach PTA von neun symptomatischen sowie elf asymptomatischen Patienten mit hochgradiger Carotisstenose zu einer Veränderung der kognitiven Fähigkeit kommt. Hinsichtlich Konzentration und Aufmerksamkeit verbesserten sich nur 10% der Probanden, ebenfalls steigerten sich nur 11% der Teilnehmer im Bereich der psychomotorischen Schnelligkeit. Zusammengefasst zeigte sich nach sechs Monaten keine signifikante Verbesserung im Bereich der kognitiven Funktionen (Lehrner et al., 2005).

Zwischen 2005 und 2006 führten Turk et al an 17 Patienten mit einer einseitigen Carotisstenose von >50% neuropsychologische Testungen vor und drei Monate nach dem Eingriff durch. Einige der durchgeführten Tests zur Überprüfung der kognitiven Funktionen verbesserten sich. Der MMST und die Speed Tests hingegen blieben unverändert (Turk et al., 2008).

In einer erst Anfang 2013 veröffentlichten Studie zur Klärung der Frage, ob die CAS einen positiven Effekt auf die kognitiven Funktionen hat, wurde von Cheng et al. an insgesamt 240 Probanden untersucht. Die Teilnehmer wurden je nach Präferenz mittels Stenting behandelt oder der Kontrollgruppe zugeordnet. Eine neuropsychologische Untersuchung wurde jeweils vor und sechs Monate nach dem Eingriff durchgeführt; äquivalent wurde die Kontrollgruppe untersucht. Zusätzlich wurde die cerebrale Perfusion mittels CT festgehalten. Am Ende konnten die Daten von 208 Patienten ausgewertet werden. Im MMST, dem MoCA und zwei weiteren Tests kam es zu einer signifikanten Verbesserung nach CAS, während die Kontrollgruppe keine Veränderungen in den Testergebnissen nach sechs Monaten zeigte. Von den 87 Probanden, bei denen eine CT-Untersuchung erfolgt war, konnte bei 86% eine Verbesserung der Perfusion nach dem Eingriff gesehen werden. Die Autoren diskutierten eine enge Beziehung zwischen Verbesserung der Testergebnisse und der gesteigerten Durchblutung. Abschließend ließ sich in dieser Studie zeigen, dass das Stenting bei Patienten mit einer Carotisstenose und milden kognitiven Einschränkungen zu einer Verbesserung der kognitiven Leistungen führt (Cheng et al., 2013).

Die Studien unterscheiden sich in einer Reihe methodischer Kriterien, so zum Beispiel der Anzahl der getesteten Patienten und des Patientenguts (demographisch, Stimmungslage, symptomatische oder asymptomatische Stenosen). Der Grad und die Seite der ACI-Stenose sowie die Auswahl der kognitiven Testmethoden, deren Auswertung und der Zeitpunkt der Erst- und Nachuntersuchung variieren stark. Die Zahl der Studien, die das Ausmaß neuropsychologischer Veränderungen nach CAS mit Veränderungen des cerebralen Blutflusses in Verbindung bringen, ist gering (Cheng et al., 2013)

Die für diese Arbeit durchgeführten neuropsychologischen Untersuchungen wurden aufgrund des durchschnittlichen Alters der getesteten Patienten auf 45 Minuten beschränkt.

Die speziell beschriebenen Testteile befassten sich mit der Erhebung der Gedächtnisleistung. In einer parallel organisierten Arbeit wurde das gleiche Patientengut auf Verbesserung der kognitiven Geschwindigkeit getestet.

Um einen Lerneffekt zu minimieren bzw. auszuschließen, wurden Paralleltests verwendet. Dies bedeutet, dass die gleichen Prüfungsverfahren zur Erfassung eines bestimmten Aspektes der kognitiven Funktion angewendet wurden, jedoch unterschiedliche Testaufbauten oder Symbole zu den unterschiedlichen Testzeitpunkten zum Einsatz kamen.

In der vorliegenden Arbeit konnte nur für einen der durchgeführten Tests (Bildertest) ein Trend zu einer signifikanten Verbesserung der Gedächtnisleistung ermittelt werden. In allen anderen Tests ließ sich, unabhängig vom Patientenalter, der Seite der Stenose oder dem Stenosegrad keine eindeutige Änderung der Gedächtnisleistung feststellen.

Es ist noch nicht geklärt, ob stille, thromboembolische Ereignisse, wie sie wohl bei der Stentangioplastie sowie bei der CEA auftreten, zu Veränderungen der kognitiven Funktionen führen können. Keiner der Probanden wies hyperintense Herde in der Bildgebung vor Carotis-Stentangioplastie auf. Dies ist insofern entscheidend, als eine Verbesserung nach vorangegangenen ischämischen Läsionen ausgeschlossen werden konnte.

In den vor 2013 veröffentlichten Studien, kam es nach CAS nicht zu einer signifikanten Verbesserung der kognitiven Funktionen. Teilweise ist, wie auch in der vorliegenden Arbeit eine positive Tendenz zu sehen, jedoch nur in einzelnen Untertests. Möglicherweise war die untersuchte Grundgesamtheit zu klein um einen Zusammenhang zwischen Stenting und kognitiver Verbesserung festzustellen. In der 2013 erschienen Veröffentlichung von Cheng et al. ergaben die Ergebnisse der 208 getesteten Probanden eine signifikante Verbesserung der kognitiven Funktion.

Schlussfolgerung

Weitere Studien mit größerer Teilnehmerzahl müssen klären, in wie weit eine gesteigerte Hirnperfusion durch Stent, transmurale Endarteriektomie oder Medikamente zu einer Verbesserung von kognitiven Funktionen, insbesondere der Gedächtnisfunktion, führen können.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Aschenbrenner S, Tucha O, Lange KW (2000) Der Regensburger Wortflüssigkeits-Test. Handanweisung.
2. Adams R, Victor M, Ropper A (1999) Prinzipien der Neurologie, 6. Auflage, 805 – 818
3. Ahlhelm FJ, Naumann N, Haass A, Grunwald I, Schulte-Altedorneburg G, Fassbender K, Reith W (2006) Hirninfarkt. Der Radiologe, 46/06: 905-918
4. Atkinson RC, Shiffrin RM (1968) Human memory: A proposed system and its control processes. In Spence KW, Spence JT (Hrsg.) The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, 89-195, New York: Academic Press
5. Atkinson RC, Shiffrin RM (1971) The control of short-term memory. 225(2):82-90. 82. PubMed PMID: 5089457
6. Barrow Neurological Institute (1998) Figure 2. Carotid stenting <http://www.thebarrow.org/Neurological_Services/Stroke_Center/204676> (abgerufen am 16.07.2013)
7. Beatty WW, Salmon DP, Butters N, Heindel WC, Granholm EL (1988) Retrograd amnesia in patients with Alzheimer's disease or Huntington's disease. Neurobiology of Aging, Ausgabe 8: 181-186
8. Beck AT, Steer RA (1987) Beck Depression Inventory (BDI) San Antonio: The Psychological Corporation Inc.
9. Brott TG (2010) Stenting versus Endarterectomy for Treatment of Carotid-Artery Stenosis, The New England Journal of Medicine, Ausgabe 7/2010
10. Brown RD, Whisnant JP, Sicks JD, O'Fallon WM, Wiebers DO (1996) Stroke incidence, prevalence and survival secular trends in Rochester, Minnesota. Stroke 27: 373-380
11. Callow AD (1996) Surgery of the carotid and vertebral arteries for the prevention of stroke. Baltimore: Williams & Wilkins
12. Carlsson M, Moland J, Salvesen R (2005) Operativ behandling av carotisstenoser ved et sentralsykehus. Tidsskrift for Den norske legeforening. <<http://tidsskriftet.no/article/1181232>> (abgerufen am 16.07.2013)
13. CASANOVA Study Group (1990) Carotid surgery versus medical therapy in asymptomatic carotid stenosis. Am J Neuroradiol, 237:129–161

14. Cheng Y, Wang YJ, Yan JC, Zhou R, Zhou HD (2013) Effects of carotid artery stenting on cognitive function in patients with mild cognitive impairment and carotid stenosis.
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3627448>> (abgerufen am 01.11.2013)
15. Cowan N (2000) The magical number 4 in short-term memory. A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24: 87-185
16. Crawley F, Stygall J, Lunn S, Harrison M, Brown MM, Newman S (2000) Comparison of microembolism detected by transcranial doppler and neuropsychological sequelae of carotid surgery and percutaneous transluminal angioplasty. *Stroke* 31, 1329-1334
17. Diener HC (2005) Carotisendarterektomie bei neurologisch asymptomatischen Patienten (ASCT Studie). *Der Internist* 46,1:83-85
18. Diener HC, Hamster W, Seboldt H (1984) Neuropsychological functions after carotid endarterectomy. *European archives of psychiatry and neurological sciences*, 234, 74-77
19. Dotter CT, Judkins MP (1964) Transluminal treatment of arteriosclerotic obstruction. Description of a new technique and a preliminary report of its application. *Circulation* 30:654-670
20. Ebbinghaus H (1913) *Memory: A contribution to experimental psychology*. New York: Columbia University
21. Eckstein HH, Heider P, Wolf O (2004) Chirurgische Therapie extrakranieller Carotisstenosen: Schlaganfallprophylaxe auf höchstem Evidenzniveau. *Deutsches Ärzteblatt* 101, 41: A-2753, B-2321, C-2227
22. Eckstein HH, Ringleb P, Allenberg JR, Berger J, Fraedrich g, Hacke W, Hennerici M, Stingele R, Fiehler J, Zeumer H, Jansen O (2008) Results of the Stent- Protected Angioplasty versus Carotid Endarterectomy (SPACE) study to treat symptomatic stenoses at 2 years: a multinational, prospective, randomised trial. *Lancet Neurology* 7: 893-902
23. Eckstein HH, Kühnl A, Dörfler A, Kopp IB, Lawall H, Ringleb (2013) PA: Clinical Practice Guideline: The diagnosis, treatment and follow-up of extracranial carotid stenosis—a multidisciplinary German-Austrian guideline based on evidence and consensus. *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110(27–28): 468–76

24. European Carotid Surgery Trialist's Collaborative Group (ECST) (1991) MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70–99%) or mild (0–29%) carotid stenosis. *Lancet* 337:1235–1243
25. Fiebach JB, Schlamann M, Schellinger PD (2005) MR-Diffusion und Perfusion beim Schlaganfall. *Radiologe* 45: 412–419
26. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR (1975) Mini-mental State. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research* 12 (3): 189–198
27. Goldenberg G (1998) Neuropsychologie, Grundlagen, Klinik, Rehabilitation. (2). Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm
28. Grüntzig A (1978) Transluminal dilatation of coronary artery stenosis. *Lancet* 1:263
29. Hacke W, Donnan G, Fieschi C, Kaste M, von Kummer R, Broderick J P, Brott T, Frankel M, Grotta JC, Haley EC, Kwiatkowski T Jr, Levine SR, Lewandowski C, Lu M, Lyden P, Marler JR, Patel S, Tilley BC, Albers G, Bluhmki E, Wilhelm M, Hamilton S (2004) Association of outcome with early stroke treatment: pooled analysis of ATLANTIS, ECASS, and NINDS rt-PA stroke trials. *Lancet* 363, 9411:768–74
30. Heiland S, Sartor K (1999) Magnetic resonance tomography in stroke, its methodological bases and clinical use. *Rofo* 171, 1:3–14
31. Hemmingsen R, Mejsholm B, Boysen G, Engell HC (1982) Intellectual function in patients with transient ischaemic attacks (TIA) or minor stroke. Long-term improvement after carotid endarterectomy. *Acta neurologica scandinavica*, 66, 145
32. Hoffmann M (2001) Higher cortical function deficits after stroke: an analysis of 1,000 patients from a dedicated cognitive stroke registry. *Neurorehabil. Neural Repair*, 15(2), 113–127
33. Hunt JR (1914) The role of the carotid arteries in the causation of vascular lesions of the brain, with remarks on certain features of the symptomatology. *The American Journal of Medical Science* 147:704–713

34. James W (1890) The principles of psychology. New York: Holt, Rinehart & Winston.< <http://psychcentral.com/classics/James/Principles/prin2.htm>> (abgerufen am 30.10.2013)
35. Kappert A (1979) Lehrbuch und Atlas der Angiologie: Erkrankungen der Arterien, Venen, Kapillaren und Lymphgefäße (9. erweiterte Auflage unter Einbeziehung aller Gefäßareale). Bern: Hans Huber Verlag
36. Katzan IL, Furlan AJ, Lloyd LE, Frank JI, Harper DL, Hinchey JA, Hammel JP, Qu A, Sila CA (2000) Use of tissue-type plasminogen activator for acute ischemic stroke: the Cleveland area experience. *Jama* 283, 9:1151-8
37. Khaw AV, Kessler Ch (2006) Stroke epidemiology, risk factors, and genetics. In: *Hamostaseologie*. 26(4):287-97
38. Kolb B, Wishaw IQ (1996) *Neuropsychologie*, 2. Auflage, Heidelberg
39. Kolominsky-Rabas PL, Heuschmann PU, Marschall D, Emmert M, Baltzer. Bnurs N, Neundörfer B, Schöffski O, Krobot KJ (2006) Lifetime Cost of Ischemic Stroke in Germany: Results and National Projections from a Population-Bases Stroke Registry, The Erlangen Stroke Project. *Stroke* 37, 1179-1183
40. Von Kummer R, Allen KL, Holle R, Bozzao L, Bastianello S, Manelfe C, Bluhmki E, Ringleb P, Meier DH, Hacke W (1997) Acute stroke: usefulness of early CT findings before thrombolytic therapy. *Radiology* 205, 2: 327-333
41. Von Kummer R, Bourquain H, Bastianello S, Bozzao L, Manelfe C, Meier D, Hacke W (2001) Early prediction of irreversible brain damage after ischemic stroke at CT. *Radiology* 229, 1: 95-100
42. J Lehrner, A Willfort, I Mlekusch, G Guttman, E Minar, R Ahmadi, W Lalouschek, L Deecke, W Lang (2005) Neuropsychological outcome 6 months after unilateral carotid stenting. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, Ausgabe 11/2005
43. Lind C, Wimmer A, Magometschnigg H, Ehrmann L, Reichenauer M, Zeiler K, Havelec L (1993) Einflüsse der Carotisendarterektomie auf verschiedene Hirnleistungsparameter. Eine neuropsychologische Längsschnittstudie. *Langenbeck's Archives of Surgery* 378, 6:345-352
44. Markowitsch HJ (1999) *Gedächtnisstörungen*. Stuttgart: Kohlhammer.
45. Mathias K (1981) Perkutane transluminale Katheterbehandlung supraaortaler Arterienobstruktionen. *Angiology* 3: 47–50

46. Mathias K (2000) Die endoluminale Therapie der Carotisstenose: Schlusswort. Deutsches Ärzteblatt 5:A-259, B-203, C-191
47. Mathias K (2004) Endovaskuläre Behandlung der Carotisstenose. Journal für Kardiologie 11: 217-224
48. Miller Fisher C (1951) Occlusion of the carotid arteries. Arch Neurol Psychiatry 10: 187–204
49. Moniz E (1927) L'éncephalographie artérielle, son importance dans la localisation des tumeurs cérébrales. Rev Neurol 2: 272–290
50. Nabavi DG, Kloska SP, Nam EM et al. (2002) MOSAIC: multimodal stroke assessment using computed tomography: novel diagnostic approach for the prediction of infarction size and clinical outcome. Stroke 33: 2819–2826
51. Nabavi D, Ringelstein G, Bernd E (2005) Zertifizierte medizinische Fortbildung: Initialdiagnostik beim akuten ischämischen Hirninsult (Early diagnosis of acute stroke). Deutsches Ärzteblatt 102, 45: A-3111, B-2628, C-2468
52. Netter FH (2008) Atlas der Anatomie. Urban & Fischer, München, Jena. 4. Aufl. Tafel 136-148
53. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) (1991) Methods, patient characteristics and progress. Stroke 22: 711–720
54. Nytimes.com (2012) Stroke In-Depth Report.
<<http://health.nytimes.com/health/guides/disease/stroke/print.html>> (abgerufen am 16.07.2013)
55. Oswald D, Fleischmann UM (1995, 1999) Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) 4. unveränderte Auflage, Göttingen
56. Paivio A (1971) Imagery and verbal processes. New York: Holt, Rinehart and Winston. (aus dem NAI)
57. Parker JC, Nichols WK, Smarr KL, Granberg BW, Hewett JE (1986) Neuropsychological parameters of carotid endarterectomy: a two-year prospective analysis. Journal of consulting and clinical psychology, 54: 676-681
58. Parkin JP (2000) Erinnern und Vergessen: Wie das Gedächtnis funktioniert - und was man bei Gedächtnisstörungen tun kann. Bern: Hans Huber Verlag

59. Perry PM, Drinkwater JE Taylor GW (1975) Neuropsychological Tests and carotid artery disease. *British Medical Journal*, 4: 215-216
60. De Rango P, Caso V, Leys D, Paciaroni M, Lenti M, Cao P (2008) The role of carotid artery stenting and carotid endarterectomy in cognitive performance: a systematic review. *Stroke* Nov; 39(11):3116-27
<<http://stroke.ahajournals.org/content/39/11/3116.long>> (abgerufen am 01.11.2013)
61. Reith W, Struffert T, Dorenbeck U, Grunwald IQ (2004) Technik und Vorgehensweise beim Carotisstenting. *Der Radiologe*, 10/04: 985-990
53. Reith W (2013) Extracranielle Karotisstenose, Diagnostik, Therapie und Nachsorge, *Der Radiologe*, 6/13: 545-560
62. Ribot T (1882). Disease of memory
<<http://brain.oxfordjournals.org/content/126/7/1509.full>> (abgerufen am 01.11.2013)
63. Schmidt K-H, Metzler P (1992) Wortschatztest (WST). Beltz, Weinheim
64. Schriger DL, Kalafut M, Starkman S, Krueger M, Saver JL (1998) Cranial computed tomography interpretation in acute stroke: physician accuracy in determining eligibility for thrombolytic therapy. *Jama* 279, 16: 1293-7
65. Snodgrass JG, Vanderwart M (1980) A Standardized Set of 260 Pictures: Norms for Name Agreement, Image Agreement, Familiarity and Visual Complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. Vol. 6, No. 2, 174-215 <<http://wexler.free.fr> > (abgerufen am 20.06.2013)
66. Squire L (1987) *Memory and Brain*. Oxford University Press, New York, Oxford
67. Struffert T, Grunwald I, Roth C, Reith W (2004) Behandlung der arteriosklerotischen Carotisstenose: ein Überblick. *Der Radiologe* 4/10, 936 - 945
68. Tatemichi TK, Desmond DW, Stern Y, Paik M, Sano M, Bagiella E (1994) Cognitive impairment after stroke: frequency, patterns, and relationship to functional abilities. *J Neurol Neurosurg.Psychiatry* 57 (2), 202-207
69. Tell GS, Polak JF, Ward BJ, Kittner SJ, Savage PJ, Robbins J (1994) Relation of smoking with carotid artery wall thickness and stenosis in older adults. *The Cardiovascular Health Study. Circulation* 90: 2905–8
70. Tomandl BF, Klotz E, Handschu R et al. (2003) Comprehensive imaging of ischemic stroke with multisection CT. *Radiographics* 23: 565–592

71. Turk AS, Chaudry I, Haughton VM, Hermann BP, Rowley HA, Pulfer K, Aagaard-Kienitz B, Niemann DB, Turski PA, Levine RL, et al. (2008) Effect of carotid artery stenting on cognitive function in patients with carotid artery stenosis: preliminary results. *AJNR Am J Neuroradiol* 29, 265-268
72. Wilson PW, Hoeg JM, D'Agostino RB, Silbershatz H, Belanger AM, Poehlmann H, et al. (1997) Cumulative effects of high cholesterol levels, high blood pressure, and cigarette smoking on carotid stenosis. *N Engl J Med* 337: 516–22
73. Yuh WT, Crain MR, Loes DJ, Greene GM, Ryals TJ, Sato Y (1991) MR imaging of cerebral ischemia: findings in the first 24 hours. *AJNR Am J Neuroradiol* 12, 4: 621-9

7 PUBIKATION UND DANKSAGUNG

Vorträge mit Kathrin Zercher als Koautorin:

World Federation of International Therapeutic Neuroradiology, VIII. Venedig, 21.10.2005: Cognitive Changes after Carotid Artery Stenting. I.Q. Grunwald, T. Supprian, T. Struffert, V. Vedder, K. Zercher, P. Falkai, C. Krick, W. Reith

Radiological Society of North America, Chicago, USA, 28.11.2005: Carotid Artery Stenting Improves Thought Progress. I.Q. Grunwald, T. Supprian, P. Falkai, C. Krick, T. Struffert, K. Zercher, V. Vedder, F. Wünnemann, W. Reith

European Congress of Radiology, Wien, 03.-07. 03. 2006: Cognitive Changes after Neurointervention. I.Q. Grunwald, T. Supprian, P. Falkai, C. Krick, K. Zercher, V. Vedder, W. Reith

International Course on Carotid Angioplasty, Frankfurt, 24.11.2006: Cognitive Changes after Carotid Stenting and Surgery. I.Q. Grunwald, T. Supprian, P. Falkai, C. Krick, K. Zercher, V. Vedder, W. Reith

European Congress of Radiology, Wien, 09.-13.03. 2007: Cognitive Changes in Cognitive Speed after Carotid Artery Stenting I.Q. Grunwald, T. Supprian, C. Krick, K. Zercher, V. Vedder, W. Reith

Cardiovascular Revascularization Therapies, Washington, USA, 13.02.2008: Cognitive Changes after Carotid Artery Stenting. I.Q. Grunwald, V. Vedder, T. Supprian, C. Krick, K. Zercher, W. Reith

Publikation:

I. Q. Grunwald, P. Papanagiotou, W. Reith, M. Backens, T. Supprian, M. Politi, V. Vedder, K. Zercher, A. Haass, C.M. Krick: (2010) Influence of carotid artery stenting on cognitive function. J Neuroradiology 1/2010, 52(1):61-6

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich einigen Personen danken, ohne die diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Allen voran bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Wolfgang Reith für die Möglichkeit der Promotion in der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie sowie für die hervorragende wissenschaftliche Betreuung und geduldige Unterstützung.

Meiner Betreuerin Frau Prof Dr. Iris Q. Grunwald danke ich für die vielen wertvolle Anregungen und Beantwortung zahlreicher Fragen während der Fertigstellung meiner Arbeit.

Außerdem gilt mein Dank Herrn Prof. Tillmann Supprian für die Zusammenstellung der ausgewählten Tests.

Ein Wort des Dankes richtet sich auch an Prof. Dr. Klaus Faßbender und an alle Mitarbeiter der Neurologie für die freundliche Überlassung der Patientendaten.

Ein besonderer Dank gilt dem gesamten Team der Neuroradiologie, incl. Frau Karin Schmidt für die herzliche Aufnahme und tatkräftige Unterstützung.

Bei meiner Freundin Anna Kähne bedanke ich mich sehr für Ihre Bemühungen mir die Welt der Formatierung näher zu bringen.

Ein Dank geht auch an Frau Dr. Tanja Kottmann die mich bei der statistischen Auswertung begleitet hat.

Schließlich möchte ich meiner Familie, insbesondere meinen Eltern Christine und Jürgen Zercher danken. Sie haben mich immer unterstützt und sind in allen Lebenslagen für mich da. Ohne Euch wäre ich nicht der Mensch, der ich heute bin.

8 LEBENS LAUF

Name	Kathrin Zercher
geboren	14. Juli 1980, Homburg/Saar
Religion	Römisch-katholisch
Familienstand	Ledig

Berufspraxis

Juli 2008 - Juni 2009	Assistenzärztin Innere Medizin St Johannes Hospital, 26316 Varel
Juli 2009 – Dezember 2009	Assistenzärztin Allgemein- und Viszeralchirurgie Klinikzentrum Westerstede, 26655 Westerstede
Januar 2010	Assistenzärztin Allgemein- und Viszeralchirurgie Caritasklinik, 66113 Saarbrücken
Februar 2010 – Juli 2011	Assistenzärztin Allgemein- und Viszeralchirurgie Klinikzentrum Westerstede, 26655 Westerstede
August 2011 – Oktober 2011	Assistenzärztin Allgemein- und Viszeralchirurgie Schön Klinik, 22081 Hamburg Eilbek
November 2011 – August 2012	Assistenzärztin Zentrum Innere Medizin, ZNA, Asklepios Klinik Barmbek, 22291 Hamburg
seit September 2012	Weiterbildungsassistentin Allgemeinmedizin Praxis Dr. Gatermann/ Petersen, 22081 Hamburg

Studium

SS 2001

Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

ab WS 2001/02

Universität des Saarlandes/Homburg

Juni 2008

Approbation als Ärztin

Schulische Bildung

August 1991 – Juni 2000

Sickingen Gymnasium Landstuhl

Allgemeine Hochschulreife

9 ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch Ausland in gleicher oder ähnlicher Form in einem Verfahren zur Erlangung eines akademischen Grades vorgelegt.

Hamburg, _____

Kathrin Zercher

10 VERZEICHNISSE

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Circulus arteriosus Willisii.....	5
Abbildung 2: Der Aortenbogen mit seinen wesentlichen intra- und extracraniellen Arterien.....	6
Abbildung 3: Bestimmung des Stenosegrades.....	13
Abbildung 4: Stent-Implantation.....	17
Abbildung 5: Carotisstenose vor und nach stentgestützter perkutaner transluminaler Angioplastie.....	18
Abbildung 6: Der Informationsfluss durch das Gedächtnissystem.....	20
Abbildung 7: Altersverteilung in der Patientengruppe.....	27
Abbildung 8: Beispiel Wortschatz-Test.....	33
Abbildung 9: Wortliste verzögert vorher vs. nachher, Gruppe Patienten..	50
Abbildung 10: Wortliste gesamt vorher vs. nachher, Gruppe Patienten..	51
Abbildung 11: Ergebnisdifferenzen im Test Zahlennachsprechen bei verschiedenem Stenosegrad, Patientengruppe.....	56
Abbildung 12: Ergebnisveränderung im Bildertest nach dem Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe.....	57

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stenosegrade nach NASCET u. ECST.....	14
Tabelle 2: Schlaganfallrisiko nach fünf Jahren (NASCET).....	15
Tabelle 3: Zusammensetzung der Patientengruppe nach Geschlecht....	27
Tabelle 4: Testergebnisse für den Bereich Primärgedächtnis.....	44
Tabelle 5.1: Ergebnisse der Tests für den Bereich Sekundärgedächtnis	45
Tabelle 5.2: Ergebnisse der Tests für den Bereich Sekundärgedächtnis	46
Tabelle 6: Summarisches Ergebnis Wortliste gesamt.....	47
Tabelle 7: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen der Patienten- tengruppe.....	49
Tabelle 8: Statistische Auswertung der Ergebnisveränderungen für den Test Wortliste verzögert vorher vs. nachher, Gruppe Patienten.....	50
Tabelle 9: Statistische Signifikanz des Ergebnisses Wortliste verzögert vorher vs. nachher, Gruppe Patienten.....	51
Tabelle 10: Statistische Auswertung der Ergebnisveränderungen für den Test Wortliste gesamt vorher vs. nachher, Gruppe Patienten.....	52
Tabelle 11: Signifikanz des Ergebnisses Wortliste gesamt vorher vs. nachher, Gruppe Patienten.....	52
Tabelle 12: Signifikanzen der Ergebnisveränderungen Patienten vs. Ergebnisveränderungen der Kontrollgruppe.....	53
Tabelle 13: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen nach Merkmal Geschlecht : männlich vs. weiblich, Patientengruppe.....	54
Tabelle 14: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen nach Merkmal Alter, Patientengruppe, Alter 66 vs. 67+.....	54
Tabelle 15: Signifikanzprüfung der Ergebnisveränderungen nach Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe, Stenosegrad <90% vs. 90+%	55
Tabelle 16: Statistische Auswertung für den Test Zahlennachsprechen nach dem Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe.....	56
Tabelle 17: Signifikanz der Ergebnisdifferenzen im Test Zahlennach- sprechen bei verschiedenem Stenosegrad; Patientengruppe.....	56

Tabelle 18: Statistische Auswertung für den Bildertest nach dem Merkmal Stenosegrad, Patientengruppe.....	57
Tabelle 19: Signifikanz der Ergebnisdifferenzen im Bildertest bei verschiedenem Stenosegrad, Patientengruppe.....	57

10.3 Abkürzungsverzeichnis

A	Arteria
Aa	Arteriae
ACAS	Asymptomatic Carotide Atherosclerosis Study
ACC	Arteria carotis communis
ACST	Asymptomatic Carotide Surgery Trial
ACE	Arteria carotis externa
ACI	Arteria carotis interna
ACM	Arteria cerebri media
ASS	Acetylsalicylsäure
BDI	Beck Depression Inventar
BT	Bildertest
CAS	Carotid Artery Stenting
CASANOVA	Carotid Artery Stenosis with Asymptomatic Narrowing : Operation vs. Aspirin
CEA	Carotis-Endarteriektomie
CREST	Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographische Angiographie
DAS	Digitale Subtraktions-Angiographie
DWI	Diffusionsgewichtete Sequenz
ECST	European Carotid Surgery Trialist's Collaborative Group
FT	Figurentest
HI	Hirninfarkt
KM	Kontrastmittel
LL	Latentes Lernen
MMST	Mini-Mental-Status-Test
MoCA	The Montreal Cognitive Assessment
MRT	Magnetresonanztomographie
MRA	Magnetresonanz-Angiographie
NAI	Nürnberger-Alters-Inventar

NASCET	North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial
PTA	Perkutane transluminale Angioplastie
RR	Relatives Risiko
PWI	Perfusionsgewichtete Sequenz
RWT	Regensburger Wortflüssigkeits- Test
SPACE	Stent-Protected Angioplasty versus Carotid Endarterectomy
TIA	Transitorische ischämische Attacke
WL	Wortliste
WHO	World Health Organisation
WP	Wortpaare
ZN-G	Zahlennachsprechen

11 ANHANG

Anhangverzeichnis

Abbildung 1: Mini-Mental Status-Test (MMST)

Abbildung 2: Zahlennachsprechen

Abbildung 3: Wortliste

Abbildung 4: Bildertest

Abbildung 5: Wortpaare

Abbildungen 6 und 7: Figurentest

Abbildung 8: Latentes Lernen

Tabelle 1: Prüfung der Testergebnisse auf Normalverteilung, Bereich Primärgedächtnis

Tabelle 2: Prüfung der Testergebnisse auf Normalverteilung; Bereich Sekundärgedächtnis

Tabelle 3: Prüfung der Testergebnisse auf Normalverteilung; für das summarische Ergebnis Wortliste gesamt

Tabelle 4: Testergebnisse mit Signifikanz für eine Normalverteilung

Einverständniserklärung der Patienten

Mini-Mental Status-Test (MMST)	
Name und Vorname des Patienten	Datum
1. Orientierung In welchem Jahr leben wir? ☐ Welche Jahreszeit ist jetzt? ☐ Welches Datum haben wir heute? ☐ Welchen Monat haben wir? ☐ In welchem Bundesland sind wir hier? ☐ In welchem Land? ☐ In welcher Ortschaft? ☐ Wo sind wir (in welcher Praxis / Altenheim)? ☐ Auf welchen Stockwerk? ☐ 5. Benennen Zeigen Sie dem Patienten eine Armbanduhr und fragen Sie ihn was das ist. Wiederholen Sie die Aufgabe mit einem Bleistift. Geben Sie einen Punkt für jeden erfüllten Aufgabenteil. Punkte 0-3 ☐ 2. Merkfähigkeit Fragen Sie den Patienten, ob Sie sein Gedächtnis prüfen dürfen. Nennen Sie dann drei verschiedenartige Dinge klar und langsam (ca 1 pro sec) "Zitrone, Schlüssel, Ball". Nachdem Sie alle drei Worte ausgesprochen haben, soll der Patient sie wiederholen. Die erste Wiederholung bestimmt die Wertung (vergeben Sie für jedes wiederholte Wort einen Punkt), doch wiederholen Sie den Versuch, bis der Patient alle drei Wörter nachsprechen kann. Maximal gibt es 5 Versuche. Wenn ein Patient nicht alle drei Wörter lernt, kann das Erinnern nicht sinnvoll geprüft werden. Punkte 0-3 ☐ 6. Wiederholen Bitten Sie den Patienten, den Ausdruck "Kein Wenn und Aber" nachzusprechen. Nur ein Versuch ist erlaubt. Punkte 0-1 ☐ 3. Aufmerksamkeit und Rechnen Bitten Sie den Patienten, bei 100 beginnend in 7er Schritten rückwärts zu zählen. Halten Sie nach 5 Subtraktionen (93, 86, 79, 72, 65) an und zählen Sie die in der richtigen Reihenfolge gegebenen Antworten. Bitten Sie daraufhin das Wort "Preis" rückwärts zu buchstabieren. Die Wertung entspricht der Anzahl von Buchstaben in der richtigen Reihenfolge (z.B. SIERP=5, SIREP=3). Die höhere der beiden Wertungen wird gezählt. Punkte 0-5 ☐ 7. Dreiteiliger Befehl Lassen Sie den Patienten den folgenden Befehl ausführen. "Nehmen Sie ein Blatt in die Hand, falten Sie es in der Mitte und legen Sie es auf den Boden." Geben Sie einen richtigen Punkt für jeden richtig ausgeführten Befehl. Punkte 0-3 ☐ 4. Erinnern Fragen Sie den Patienten, ob er die Wörter noch weiß, die er vorhin auswendig lernen sollte. Geben Sie einen Punkt für jedes richtige Wort. Punkte 0-3 ☐ 8. Reagieren Schreiben Sie auf ein weißes Blatt in grossen Buchstaben: "Schließen Sie die Augen". Der Patient soll den Text lesen und ausführen. Geben Sie einen Punkt, wenn der Patient die Augen schließt. Punkte 0-1 ☐ 9. Schreiben Geben Sie dem Patienten ein weißes Blatt, auf dem er für Sie einen Satz schreiben soll. Diktieren Sie den Satz nicht, er soll spontan geschrieben werden. Der Satz muß ein Subjekt und ein Verb enthalten und einen Sinn ergeben. Konkrete Grammatik und Interpunktion werden nicht verlangt. Punkte 0-1 ☐ 10. Abzeichnen Zeichnen Sie auf ein weißes Blatt zwei sich überschneidende Fünfecke und bitten Sie den Patienten, die Figur genau abzuzeichnen. Alle 10 Ecken müssen vorhanden sein und 2 müssen sich überschneiden, um als ein Punkt zu zählen. Zittern und Verdrehen der Figur sind nicht wesentlich. Punkte 0-1 ☐  Summe der Punkte	

Abbildung 1: Mini-Mental Status-Test (MMST)

INITIALEN (NAME)	NUMMER	DATUM	NAI C ZAHLENNACHSPRECHEN G														
ZAHLEN VORWÄRTS			Testwert														
<i>"Die folgende Aufgabe heißt <u>Zahlennachsprechen</u>. Ich werde Ihnen einige längere Zahlen vorsprechen. Sie sollen diese Zahlen nachsprechen. Wenn ich z.B. sage "3 - 5 - 7", so sagen Sie "... " (Pause) Testperson: "3 - 5 - 7"</i> Hat die Testperson dies nicht richtig verstanden, gebe man ein weiteres Beispiel. Vorlesen der ersten Zahlenfolge im Tempo einer Zahl pro Sekunde. Bei der letzten Zahl die Stimme deutlich absenken. Jede richtig wiederholte Zahlenfolge wird angekreuzt. Anschließend wird die nächst größere Zahlenfolge vorgegeben. Tritt in der Wiedergabe ein Fehler auf, wird die zweite Zahlenfolge gleicher Länge (in Klammern) vorgegeben. Versagt die Testperson auch beim zweiten Mal, wird der Test abgebrochen.			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">3 5 8 (5 6 4)</td> <td style="width: 50px; text-align: center;">(3)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">8 9 5 2 (7 8 2 3)</td> <td style="text-align: center;">(4)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">7 4 3 2 8 (5 8 6 3 1)</td> <td style="text-align: center;">(5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">8 5 6 4 2 1 (6 9 5 8 1 3)</td> <td style="text-align: center;">(6)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">4 3 1 8 2 6 5 (3 8 4 9 6 7 1)</td> <td style="text-align: center;">(7)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3 8 1 6 5 7 2 4 (9 4 3 7 6 5 2 8)</td> <td style="text-align: center;">(8)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1 8 9 5 4 2 7 3 6 (6 4 7 5 8 2 1 9 3)</td> <td style="text-align: center;">(9)</td> </tr> </table>	3 5 8 (5 6 4)	(3)	8 9 5 2 (7 8 2 3)	(4)	7 4 3 2 8 (5 8 6 3 1)	(5)	8 5 6 4 2 1 (6 9 5 8 1 3)	(6)	4 3 1 8 2 6 5 (3 8 4 9 6 7 1)	(7)	3 8 1 6 5 7 2 4 (9 4 3 7 6 5 2 8)	(8)	1 8 9 5 4 2 7 3 6 (6 4 7 5 8 2 1 9 3)	(9)
			3 5 8 (5 6 4)	(3)													
			8 9 5 2 (7 8 2 3)	(4)													
			7 4 3 2 8 (5 8 6 3 1)	(5)													
			8 5 6 4 2 1 (6 9 5 8 1 3)	(6)													
			4 3 1 8 2 6 5 (3 8 4 9 6 7 1)	(7)													
3 8 1 6 5 7 2 4 (9 4 3 7 6 5 2 8)	(8)																
1 8 9 5 4 2 7 3 6 (6 4 7 5 8 2 1 9 3)	(9)																
Maximum ZN vorwärts: 24																	
Testwert ist die höchste Anzahl korrekt wiederholter Zahlen (Höchstwert: 9).																	
ZAHLEN RÜCKWÄRTS			Testwert														
<i>"Jetzt werde ich wieder Zahlen vorsprechen. Diesmal sollen Sie diese Zahlen rückwärts nachsprechen. Wenn ich z.B. sage "3 - 5", so sagen Sie "... " (Pause) Testperson: "5 - 3".</i> Hat die Testperson dies nicht richtig verstanden, gebe man ein weiteres Beispiel. Vorlesen der ersten Zahlenfolge im Tempo einer Zahl pro Sekunde. Bei der letzten Zahl die Stimme deutlich absenken. Jede richtig wiedergegebene Zahlenfolge wird angekreuzt. Anschließend wird die nächst größere Zahlenfolge vorgegeben. Tritt in der Wiedergabe rückwärts ein Fehler auf, wird die zweite Zahlenfolge gleicher Länge (in Klammern) vorgegeben. Versagt die Testperson auch beim zweiten Mal, wird der Test abgebrochen.			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">4 2 (4 5)</td> <td style="width: 50px; text-align: center;">(2)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3 5 7 (5 4 3)</td> <td style="text-align: center;">(3)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">2 9 5 8 (3 9 8 4)</td> <td style="text-align: center;">(4)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">8 7 2 5 3 (1 7 4 2 8)</td> <td style="text-align: center;">(5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">9 3 2 5 7 1 (3 4 9 8 2 7)</td> <td style="text-align: center;">(6)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">6 7 8 4 5 9 3 (8 3 6 7 4 1 5)</td> <td style="text-align: center;">(7)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">9 3 5 8 4 1 7 2 (5 2 1 6 4 3 8 7)</td> <td style="text-align: center;">(8)</td> </tr> </table>	4 2 (4 5)	(2)	3 5 7 (5 4 3)	(3)	2 9 5 8 (3 9 8 4)	(4)	8 7 2 5 3 (1 7 4 2 8)	(5)	9 3 2 5 7 1 (3 4 9 8 2 7)	(6)	6 7 8 4 5 9 3 (8 3 6 7 4 1 5)	(7)	9 3 5 8 4 1 7 2 (5 2 1 6 4 3 8 7)	(8)
			4 2 (4 5)	(2)													
			3 5 7 (5 4 3)	(3)													
			2 9 5 8 (3 9 8 4)	(4)													
			8 7 2 5 3 (1 7 4 2 8)	(5)													
			9 3 2 5 7 1 (3 4 9 8 2 7)	(6)													
6 7 8 4 5 9 3 (8 3 6 7 4 1 5)	(7)																
9 3 5 8 4 1 7 2 (5 2 1 6 4 3 8 7)	(8)																
Maximum ZN rückwärts: 24																	
Testwert ist die höchste Anzahl rückwärts korrekt wiedergegebener Zahlen (Höchstwert: 8).																	
Gesamttestwert ist die Summe aus ZN vorwärts + ZN rückwärts.	Gesamt-Testwert: 24 + 24																
© 1997 by Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten			Nürnberger-Alters-Inventar NAI Zahlennachsprechen G <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">ZN</td> <td style="padding: 2px 5px;">C</td> </tr> </table>	ZN	C												
ZN	C																

Abbildung 2: Zahlennachsprechen

INITIALEN (NAME)	NUMMER	DATUM	NAI WORTLISTE	C																																																			
FREIE REPRODUKTION (unmittelbar nach Vorgabe)			Bitte ankreuzen																																																				
<i>"Die folgende Aufgabe heißt Wortliste. Ich werde Ihnen eine Wortliste mit acht Wörtern vorlesen. Wenn ich fertig bin, sollen Sie alle diese Wörter wiederholen. Bitte hören Sie jetzt genau zu!"</i>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 80%;">Wohnung</td><td style="width: 20%;"></td></tr> <tr><td>Körper</td><td></td></tr> <tr><td>Erde</td><td></td></tr> <tr><td>Säugling</td><td></td></tr> <tr><td>Ofen</td><td></td></tr> <tr><td>Insekt</td><td></td></tr> <tr><td>Flasche</td><td></td></tr> <tr><td>Prüfung</td><td></td></tr> </table>		Wohnung		Körper		Erde		Säugling		Ofen		Insekt		Flasche		Prüfung																																				
Wohnung																																																							
Körper																																																							
Erde																																																							
Säugling																																																							
Ofen																																																							
Insekt																																																							
Flasche																																																							
Prüfung																																																							
Vorlesen der Wörter im Tempo ein Wort je 2 Sekunden. Gegebenenfalls die Testperson auffordern, nicht laut nachzusprechen.			Testwert WLFR: (Summe)																																																				
Unmittelbar anschließend: "Jetzt Sie ...!"																																																							
Nach längerer Unterbrechung der Wiedergabe: "Fällt Ihnen noch ein Wort ein?"																																																							
Testwert ist die Anzahl korrekt wiedergegebener Worte. Die Nennungen synonyme Begriffe (z.B. "Baby" für "Säugling") zählt als richtige Antwort.																																																							
Fehlerhafte Nennungen:																																																							
Nach etwa 30 Minuten:			Bitte ankreuzen																																																				
WIEDERERKENNEN (verzögert)			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 60%;">Erde</td><td style="width: 20%;">JA</td><td style="width: 20%;">NEIN</td></tr> <tr><td>Klavier</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Körper</td><td>JA</td><td>NEIN</td></tr> <tr><td>Feuer</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Pudding</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Wohnung</td><td>JA</td><td>NEIN</td></tr> <tr><td>Geschrei</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Säugling</td><td>JA</td><td>NEIN</td></tr> <tr><td>Geisel</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Himmel</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Ofen</td><td>JA</td><td>NEIN</td></tr> <tr><td>Sprache</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Prüfung</td><td>JA</td><td>NEIN</td></tr> <tr><td>Flasche</td><td>JA</td><td>NEIN</td></tr> <tr><td>Wiege</td><td>NEIN</td><td>JA</td></tr> <tr><td>Insekt</td><td>JA</td><td>NEIN</td></tr> <tr><td colspan="3">Summe der 'JA'-Antworten k: f:</td></tr> </table>		Erde	JA	NEIN	Klavier	NEIN	JA	Körper	JA	NEIN	Feuer	NEIN	JA	Pudding	NEIN	JA	Wohnung	JA	NEIN	Geschrei	NEIN	JA	Säugling	JA	NEIN	Geisel	NEIN	JA	Himmel	NEIN	JA	Ofen	JA	NEIN	Sprache	NEIN	JA	Prüfung	JA	NEIN	Flasche	JA	NEIN	Wiege	NEIN	JA	Insekt	JA	NEIN	Summe der 'JA'-Antworten k: f:		
Erde	JA	NEIN																																																					
Klavier	NEIN	JA																																																					
Körper	JA	NEIN																																																					
Feuer	NEIN	JA																																																					
Pudding	NEIN	JA																																																					
Wohnung	JA	NEIN																																																					
Geschrei	NEIN	JA																																																					
Säugling	JA	NEIN																																																					
Geisel	NEIN	JA																																																					
Himmel	NEIN	JA																																																					
Ofen	JA	NEIN																																																					
Sprache	NEIN	JA																																																					
Prüfung	JA	NEIN																																																					
Flasche	JA	NEIN																																																					
Wiege	NEIN	JA																																																					
Insekt	JA	NEIN																																																					
Summe der 'JA'-Antworten k: f:																																																							
<i>"Heute ganz am Anfang habe ich Ihnen eine Liste mit Wörtern vorgelesen."</i> <i>Ich werde Ihnen jetzt eine zweite Liste mit Wörtern vorlesen. Wenn Sie ein Wort vorher schon gehört haben, sollen Sie "JA" sagen, wenn nicht, sollen Sie "NEIN" sagen."</i>																																																							
Vorgabe des ersten Wortes: "Haben Sie dieses Wort vorher schon gehört?"																																																							
Fortsetzung der Vorgabe möglichst ohne Zwischenfragen.																																																							
Kann sich die Testperson nicht entscheiden: "Auch wenn Sie sich nicht ganz sicher sind: Was meinen Sie, kam dieses Wort bereits vor oder kam es noch nicht vor?"																																																							
Sämtliche Antworten werden durch Ankreuzen festgehalten. Als Gedächtnismaß wird die Anzahl korrekter "JA"-Antworten in der linken Spalte ermittelt. Als Fehlermaß dient die Anzahl der "JA"-Antworten in der rechten Spalte.																																																							
Testwert: Korrekte "JA"-Antworten - fehlerhafte "JA"-Antworten (linke - rechte Spaltensumme).			Testwert WLWE: k - f:																																																				
Wortliste - Summerwert			WLSUM: WLFR + WLWE																																																				
© 1997 by Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten			Nürnberger-Alters-Inventar NAI Wortliste																																																				
			<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">WL</td> <td style="padding: 2px 10px;">C</td> </tr> </table>		WL	C																																																	
WL	C																																																						

Abbildung 3: Wortliste

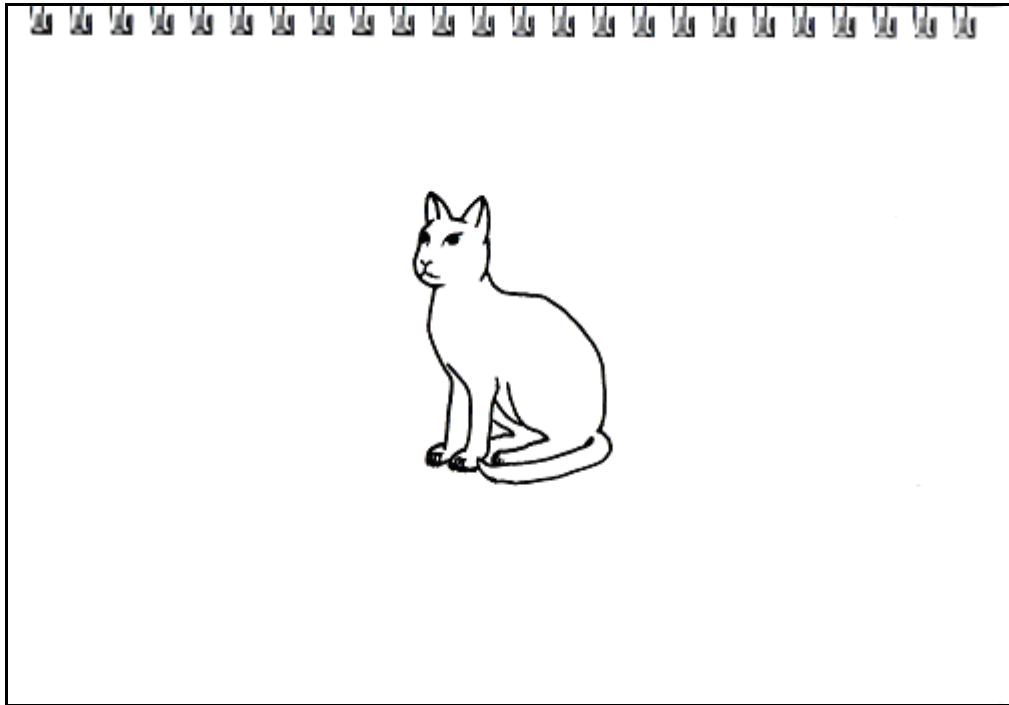
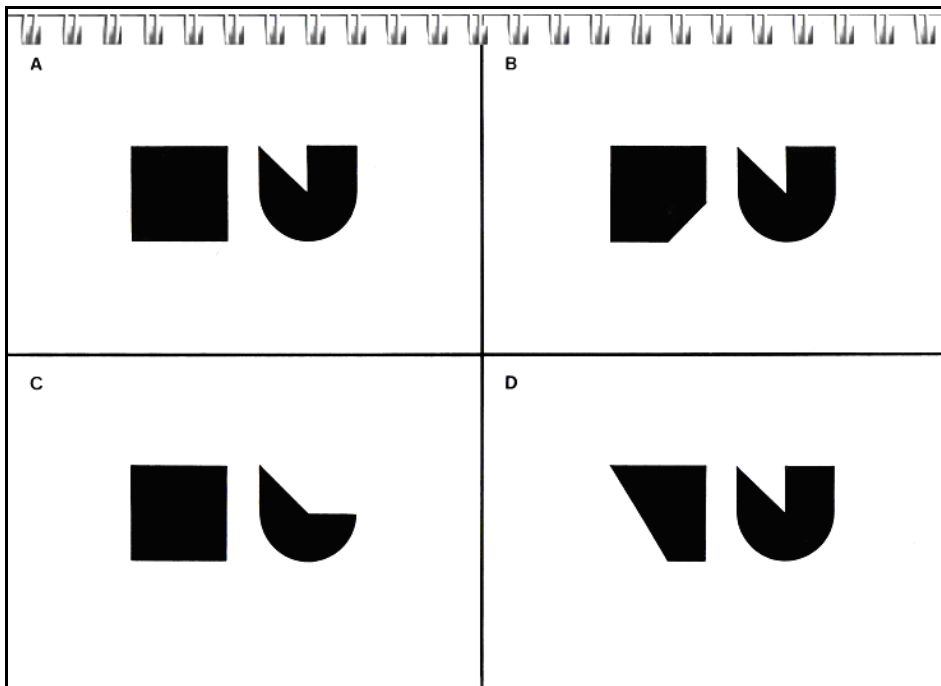
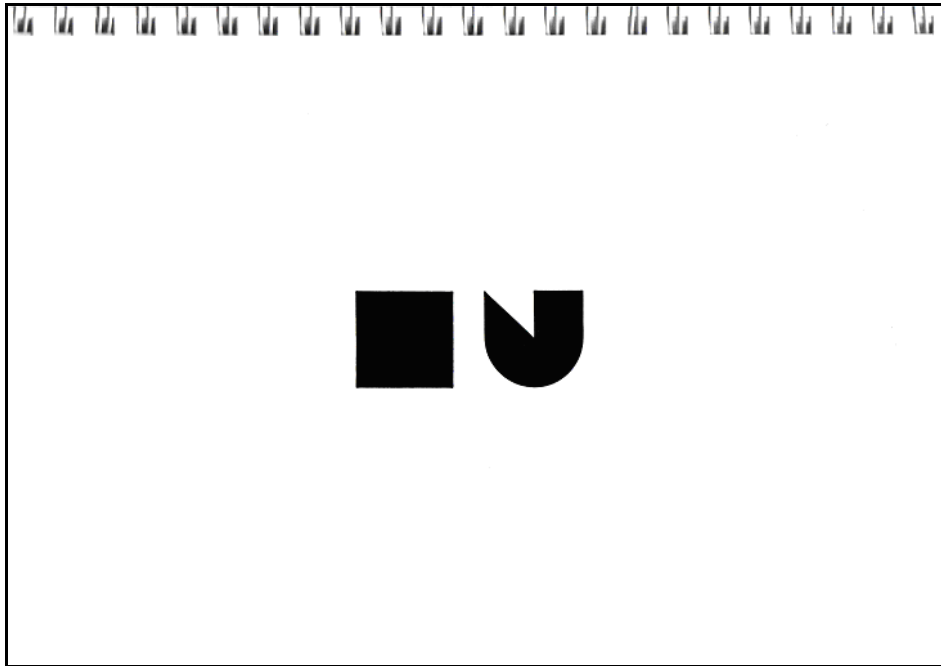


Abbildung 4: Bildertest

INITIALEN (NAME)	NUMMER	DATUM	NAI C																																																																																																																								
			WORTPAARE																																																																																																																								
<i>"Die folgende Aufgabe heißt <u>Wortpaare</u>. Sie sollen sich immer zwei Worte zusammen merken, also immer ein <u>Wortpaar</u>. Wenn z.B. die Wortpaare "Haus & Feld", "Mann & Baum" lauten, sollen Sie sich einprägen, daß zu "Haus" "Feld" gehört und zu "Mann" ?" (Antwort der Testperson). Instruktion gegebenenfalls nochmals ausführen.</i>																																																																																																																											
<i>"Sie haben sicher bemerkt, daß diese Worte wenig gemeinsam haben. Bitte prägen Sie sich jetzt gut ein, welche Worte ich zusammen nenne!"</i> Vorlesen der Wörter im Tempo ein Wort je Sekunde. Wörter eines Paares sind stets mit einem unbetonten "und" (&) zu verknüpfen! Zwischen den Wortpaaren jeweils 2 Sekunden pausieren.																																																																																																																											
Kind & Sport Wald & Blut Pelz & Grund Seil & Vieh																																																																																																																											
Unmittelbar anschließend: Vorgabe der ersten Paarlinge des ersten Lerndurchganges <i>"Kind & ... welches Wort gehört zu Kind?"</i> Korrekte Antworten mit einem kurzen "Ja" bestätigen. Antwortet die Testperson innerhalb von 3 - 5 Sekunden nicht korrekt, so wird das gesamte Wortpaar nochmals vorgegeben (z.B. "Kind & Sport"). Anschließend wird das nächste Wort des jeweiligen Lerndurchganges vorgegeben. Insgesamt werden 4 Lernphasen geboten. Fehlerhafte Antworten werden stets sofort korrigiert, indem das entsprechende gesamte Wortpaar wiederholt wird. Die Abfrage der Wortpaare wird bis zum vierten Lerndurchgang fortgesetzt, auch wenn die Testperson vorher bereits alle vier Wörter korrekt wiedergegeben hat. WICHTIG: Das Erfassen der Wortverknüpfungen ist als spielerische Lernaufgabe zu gestalten. Die Testperson darf nicht den Eindruck gewinnen, abgefragt zu werden, sondern soll die Wiederholungen als Lern- und Übungsangebot verstehen. (<i>"Ja, wir wollen dies zusammen noch etwas einüben."</i>)																																																																																																																											
Lerndurchgänge (Vorgabe des jeweils ersten Paarlings!) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 75%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Korrekt</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kind & (Sport)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pelz & (Grund)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wald & (Blut)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Seil & (Vieh)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pelz & (Grund)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kind & (Sport)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Seil & (Vieh)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wald & (Blut)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Seil & (Vieh)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wald & (Blut)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pelz & (Grund)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kind & (Sport)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wald & (Blut)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Seil & (Vieh)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kind & (Sport)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pelz & (Grund)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> </tbody> </table> Testwert ist die Anzahl korrekter Verknüpfungen in allen vier Lerndurchgängen (Höchstwert: 16). Testwert: (Summe korrekter Verknüpfungen)						Korrekt	Summe	1					Kind & (Sport)				Pelz & (Grund)				Wald & (Blut)				Seil & (Vieh)							2					Pelz & (Grund)				Kind & (Sport)				Seil & (Vieh)				Wald & (Blut)									+		3					Seil & (Vieh)				Wald & (Blut)				Pelz & (Grund)				Kind & (Sport)									+		4					Wald & (Blut)				Seil & (Vieh)				Kind & (Sport)				Pelz & (Grund)									+				=					
		Korrekt	Summe																																																																																																																								
1																																																																																																																											
	Kind & (Sport)																																																																																																																										
	Pelz & (Grund)																																																																																																																										
	Wald & (Blut)																																																																																																																										
	Seil & (Vieh)																																																																																																																										
2																																																																																																																											
	Pelz & (Grund)																																																																																																																										
	Kind & (Sport)																																																																																																																										
	Seil & (Vieh)																																																																																																																										
	Wald & (Blut)																																																																																																																										
		+																																																																																																																									
3																																																																																																																											
	Seil & (Vieh)																																																																																																																										
	Wald & (Blut)																																																																																																																										
	Pelz & (Grund)																																																																																																																										
	Kind & (Sport)																																																																																																																										
		+																																																																																																																									
4																																																																																																																											
	Wald & (Blut)																																																																																																																										
	Seil & (Vieh)																																																																																																																										
	Kind & (Sport)																																																																																																																										
	Pelz & (Grund)																																																																																																																										
		+																																																																																																																									
		=																																																																																																																									
© 1997 by Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten			Nürnberger-Alters-Inventar NAI Wortpaare WP C																																																																																																																								

Abbildung 5: Wortpaare



Abbildungen 6 und 7: Figurentest

INITIALEN (NAME)	NUMMER	DATUM	NAI LATENTES LERNEN	C
<i>"Bitte versuchen Sie sich jetzt noch einmal daran zu erinnern, welche Tests und Aufgaben Sie heute gemacht haben. Womit haben wir begonnen?"</i> <i>"Ja, was fällt Ihnen noch ein?"</i> Nach längerer Unterbrechung der Wiedergabe: <i>"Überlegen Sie ruhig, vielleicht fällt Ihnen noch eine Aufgabe ein, die wir durchgeführt haben."</i>				
TESTBEZEICHNUNG bitte durchgeführte Tests eintragen		NENNUNG/BESCHREIBUNG	Korrekt	
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
Korrekte Testbenennungen werden abgehakt. Testumschreibungen werden notiert und gelten als korrekt, wenn sie ein Testverfahren zutreffend beschreiben. Testwert ist die Anzahl korrekter Testbenennungen oder Testbeschreibungen.			Anzahl korrekter Benennungen LL	

© 1997 by Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen
 Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten

Nürnberger-Alters-Inventar NAI
 Latentes Lernen

LL	C
----	---

Abbildung 8: Latentes Lernen

	Gruppe	df	Signifikanz
Wortliste unmittelbar vorher (n)	Patienten	41	0,001
	Kontrolle	10	0,550
Wortliste unmittelbar nachher (n)	Patienten	41	0,000
	Kontrolle	10	0,709
Zahlennachsprechen vorher (n)	Patienten	41	0,036
	Kontrolle	10	0,835
Zahlennachsprechen nachher (n)	Patienten	41	0,001
	Kontrolle	10	0,125
Differenz Wortliste unmittelbar (n)	Patienten	41	0,003
	Kontrolle	10	0,245
Differenz Zahlennachsprechen (n)	Patienten	41	0,028
	Kontrolle	10	0,814

Tabelle 1: Prüfung der Testergebnisse auf Normalverteilung, Bereich Primärgedächtnis

	Gruppe	df	Signifikanz
Wortliste verzögert vorher (n)	Patienten	41	0,195
	Kontrolle	10	0,754
Wortliste verzögert nachher (n)	Patienten	41	0,130
	Kontrolle	10	0,513
Bildertest vorher (n)	Patienten	41	0,001
	Kontrolle	10	0,149
Bildertest nachher (n)	Patienten	41	0,001
	Kontrolle	10	0,028
Figurentest vorher (n)	Patienten	41	0,051
	Kontrolle	10	0,627
Figurentest nachher (n)	Patienten	41	0,024
	Kontrolle	10	0,030

Wortpaare vorher (n)	Patienten	41	0,006
	Kontrolle	10	0,244
Wortpaare nachher (n)	Patienten	41	0,003
	Kontrolle	10	0,037
Latentes Lernen vorher (n)	Patienten	41	0,003
	Kontrolle	10	0,328
Latentes Lernen nachher (n)	Patienten	41	0,012
	Kontrolle	10	0,111
Differenz Wortliste verzögert (n)	Patienten	41	0,280
	Kontrolle	10	0,124
Differenz Bildertest (n)	Patienten	41	0,003
	Kontrolle	10	0,033
Differenz Figurentest (n)	Patienten	41	0,249
	Kontrolle	10	0,025
Differenz Wortpaare (n)	Patienten	41	0,599
	Kontrolle	10	0,157
Differenz Latentes Lernen (n)	Patienten	41	0,132
	Kontrolle	10	0,001

Tabelle 2: Prüfung der Testergebnisse auf Normalverteilung; Bereich Sekundärgedächtnis

	Gruppe	df	Signifikanz
Wortliste gesamt vorher (n)	Patienten	41	0,001
	Kontrolle	10	0,550
Wortliste gesamt nachher (n)	Patienten	41	0,000
	Kontrolle	10	0,709
Differenz Wortliste gesamt (n)	Patienten	41	0,036

Tabelle 3: Prüfung der Testergebnisse auf Normalverteilung; für das summarische Ergebnis Wortliste gesamt

Bezeichnung des Tests bzw. der Differenz nachher - vorher	Gruppe	df	Signifikanz
Wortliste unmittelbar vorher (n)	Patienten	41	0,001
Wortliste unmittelbar nachher (n)	Patienten	41	0,000
Zahlennachsprechen vorher (n)	Patienten	41	0,036
Zahlennachsprechen nachher (n)	Patienten	41	0,001
Bildertest vorher (n)	Patienten	41	0,001
Bildertest nachher (n)	Patienten	41	0,001
Bildertest nachher (n)	Kontrolle	10	0,028
Figurentest nachher (n)	Patienten	41	0,024
Figurentest nachher (n)	Kontrolle	10	0,030
Wortpaare vorher (n)	Patienten	41	0,006
Wortpaare nachher (n)	Patienten	41	0,003
Wortpaare nachher	Kontrolle	10	0,037
Latentes Lernen vorher (n)	Patienten	41	0,003
Latentes Lernen nachher (n)	Patienten	41	0,012
Differenz Perfusion	Patienten	37	0,004
Differenz Wortliste unmittelbar (n)	Patienten	41	0,003
Differenz Zahlennachsprechen (n)	Patienten	41	0,028
Differenz Bildertest (n)	Patienten	41	0,003
Differenz Bildertest (n)	Kontrolle	10	0,033
Differenz Figurentest (n)	Kontrolle	10	0,025
Differenz Latentes Lernen (n)	Kontrolle	10	0,001

Tabelle 4: Testergebnisse mit Signifikanz für eine Normalverteilung

Einverständniserklärung

zur Studie

„Neuropsychiatrische Evaluation vor und nach
Karotisstentimplantation“

Name des Patienten:

Geburtsdatum:

Hiermit erkläre ich, die Patienteninformation gelesen und verstanden zu haben. Mögliche aufgetretene Unklarheiten wurden mir ausführlich und klar verständlich erläutert. Ich wurde darauf hingewiesen, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen vorzeitig aus der Studie ausscheiden kann und mir dadurch auch keine Nachteile entstehen.

Ich bin mir über Nutzen und Risiken der Studie bewusst und erkläre mich einverstanden.

Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an der vorgesehenen Studie,

Homburg, den
(Unterschrift des Patienten)

Homburg, den
(Unterschrift des Arztes)