

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Patienten, Operation und Operationsergebnis

#### 5.1.1 Einschluss und Teilnahme

Im Zeitraum vom 1.12.2000 bis 30.04.2003 wurden mit unserer vorherigen Kenntnis 52 Patienten an einer Carotis-Arterie operiert. Von diesen Patienten wurden 40 für die Teilnahme an dieser Studie gewonnen. Davon konnten 32 Patienten im Follow-up nach der Operation getestet werden, siehe Tabelle 3:

Patienten	n
Carotis-Operationen	52
vor OP Studienausschluss wegen mangelnder Sprachkenntnis	4
vor OP wegen Zeitmangels Studienteilnahme nicht möglich	4
vor OP Studienteilnahme verweigert	4
Teilnahme an Untersuchungen und Tests vor der Operation	40
zum Follow-up nicht erreichbar	1
zum Follow-up verstorben	2
zum Follow-up nicht mehr teilnahmefähig	1
zum Follow-up Teilnahme verweigert	4
Abgeschlossen: Nach-OP-Tests	32

**Tabelle 3:** Patientenzahlen (n) und Häufigkeiten (n) der einzelnen Gründe für Nichtteilnahme an der Studie oder an der Follow-up-Untersuchung.

Vier Patienten wurden wegen mangelnder Kenntnis der deutschen Sprache von dieser Studie ausgeschlossen. Zwei weitere aus dem Ausland stammende Patienten sprachen ausreichendes Deutsch für die Befragung und Tests und konnten deshalb in die Studie eingeschlossen werden. Die übrigen 38 (95%) teilnehmenden Patienten sprachen gutes Deutsch.

In vier Fällen konnte vor der Operation kein passender Zeitpunkt zur Durchführung der Tests gefunden werden. Vier Patienten verweigerten die Test-Teilnahme: Ein Patient äußerte Bedenken, dass ungünstige Testergebnisse seine Fahrerlaubnis gefährden könnten. Eine Patientin brach die Tests nach kurzer Zeit wegen Angstsymptomen ab. Die beiden anderen Patienten nannten die seelische Belastung und Zeitknappheit vor der Operation als Gründe für ihre Teilnahmeverweigerung.

Von den 40 vor der Operation getesteten Patienten wurden 32 auch im Follow-up getestet. Das Follow-up fand im Median 5,4 Monate nach der Operation statt. Vier Patienten wurden aus organisatorischen Gründen vor Ablauf von drei Monaten getestet (Minimum 58 Tage), fünf Patienten wurden nach mehr als einem Jahr getestet (Maximum 21 Monate). Der Durchschnitt betrug 7,0 Monate bei einer Standardabweichung von 4,9 Monaten.

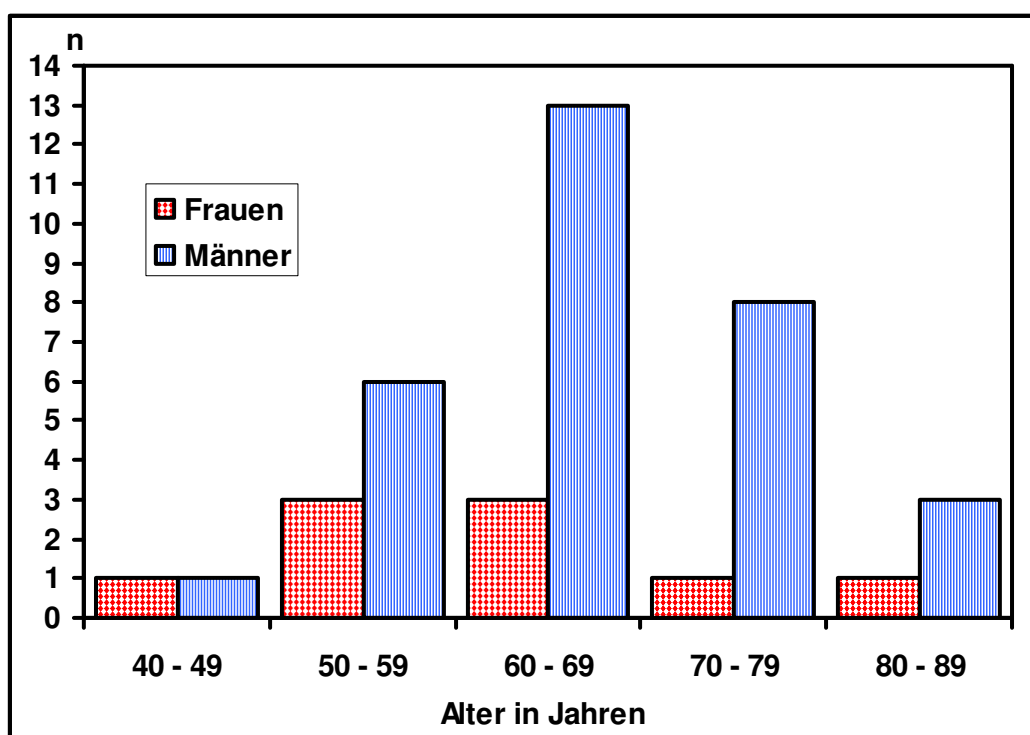
Zum Follow-up waren zwei Patienten verstorben (ein Patient nach Reperfusionssyndrom mit Hirnblutung und eine Patientin nach Reperfusionssyndrom mit Hemiparese und späterem Tod

infolge einer Krebserkrankung). Ein weiterer Patient war infolge einer Krebserkrankung nicht mehr teilnahmefähig und ein Patient war nicht erreichbar. Vier Patienten verweigerten die Teilnahme wegen Krankheit, Zeitproblemen, unzumutbar weiter Anreise und Behandlung in einer anderen Klinik. Nach CEA war außer den beiden berichteten Reperfusionssyndromen bei keinem dieser Patienten bis zum Follow-up ein Schlaganfall aufgetreten.

Eine nur eingeschränkt gehfähige Patientin wurde zum Follow-up zu Hause aufgesucht und getestet. Hier fehlen deshalb die Ultraschalluntersuchung und die neurologischen Skalen. Alle anderen Patienten wurden nach der Operation unter ähnlichen Bedingungen im gleichen Raum und von den gleichen Personen wie vor der Operation getestet und untersucht.

### 5.1.2 Demographische Daten

Diagramm 1 zeigt die Altersverteilung der Patienten. Das durchschnittliche Alter der 40 Patienten betrug 65,5 Jahre ( $s=10,3$  Jahre). Die 31 (77,5%) Männer waren im Durchschnitt 66,2 Jahre alt ( $s=9,9$  Jahre), die 9 (22,5%) Frauen 62,9 Jahre ( $s=11,8$  Jahre). Die Geschlechterverteilung wich hoch signifikant von einer Gleichverteilung ab ( $p=0,0003$  im einseitigen Binomialtest). Das Alter von Männern und Frauen unterschied sich nicht signifikant ( $p=0,36$  zweiseitig, im Mann-Whitney-Test).



**Diagramm 1:** Altersverteilung der 40 in die Studie eingeschlossenen Patienten.

Das Durchschnittsalter der 32 im Follow-up untersuchten Patienten betrug bei Einschluss in die Studie 65,1 Jahre ( $s=10,3$  Jahre): 25 Männer mit einem Durchschnittsalter von 65,2 Jahren ( $s=9,7$  Jahre) und 7 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 64,7 Jahren ( $s=12,9$  Jahre).

Den jeweils höchsten erreichten Schulabschluss der 40 in die Studie eingeschlossenen Patienten zeigt Tabelle 4:

Schulabschluss	9 Frauen		31 Männer	
	n	%	n	%
Hauptschule	4	44,4	16	51,6
Mittlere Reife	5	55,6	7	22,6
Abitur	-	-	3	9,7
Hochschule	-	-	5	16,1

**Tabelle 4:** Schulabschluss der 40 in die Studie eingeschlossenen Patienten.

### 5.1.3 Medizinischer Status vor der Operation

Die wichtigsten medizinischen Daten der Patienten zeigt Tabelle 5. Die Tabelle ist in zwei Spaltenbereiche für die 40 in die Studie eingeschlossenen und für die 32 im Follow-up untersuchten Patienten eingeteilt.

Die folgenden Angaben beziehen sich auf die 40 in die Studie eingeschlossenen Patienten:

Bei 39 der 40 Patienten war der Operation ein Hirninfarkt oder eine TIA im Carotisstromgebiet vorangegangen. Eine Patientin mit 90%iger Carotisstenose, die an Schwindelgefühlen litt, hatte keine eindeutige Diagnose einer Ischämie oder Einschränkung der Perfusionsreserve. Diese Patientin wurde aufgrund der hochgradigen Carotisstenose operiert. Die Schwindelgefühle waren jedoch wie erwartet nach der Operation unverändert. Ein Defizit auf einer der neurologischen Skalen wurde bei 12 (30%) Patienten festgestellt.

Bei einem Patienten wurde eine 65%ige Stenose operiert. Bei allen anderen Patienten wurden hochgradige Carotisstenosen ( $70\% \leq \text{Stenose} < 100\%$ ) behandelt. 14 Patienten (35%) hatten kontralaterale Stenosen, davon eine Occlusion.

Ipsilateral zur später operierten ACI-Stenose fanden wir bei 14 Patienten eine abgeflachte Pulswellenform (=Pulsatilitätsminderung) in der Arteria Cerebri Media und bei 15 Patienten Crossflow von der contralateralen Seite über die Arteria Communicans Anterior oder Posterior. Unabhängig von der CEA-Seite fanden wir bei 16 Patienten Pulsatilitätsminderungen und bei 18 Patienten Crossflow. Mindestens eines dieser Merkmale zeigten 20 Patienten. Für drei Patienten konnten vor der Operation wegen schlechten transtemporalen Schallfenstern keine ausreichenden transkraniellen Daten gewonnen werden.

Medizinische Daten	alle 40 Pat.		32 P. im F-up	
	n	%	n	%
Ischämien	39	97,5	31	96,9
Hirnfarkt	22	55,0	18	56,3
TIA	22	55,0	16	50,0
Amaurosis fugax	17	42,5	13	40,6
bleibende monokuläre ischäm. Sehstörung	1	2,5	1	3,1
Defizit auf Barthel-, NIHSS oder Rankin-Skala	12	30,0	11	34,4
Barthel-Skala < 100 Punkte	2	5,0	2	6,3
NIHSS-Skala > 0 Punkte	12	30,0	11	34,4
Rankin-Skala > 0 Punkte	12	30,0	11	34,4
Carotisstenosen	40	100,0	32	100,0
operierte Carotisstenose < 70%	1	2,5	1	3,1
operierte Carotisstenose 70% bis 80%	22	55,0	17	53,1
operierte Carotisstenose > 80%	17	42,5	14	43,8
kontralaterale Carotisstenose	14	35,0	9	28,1
Crossflow oder Pulsatilitätsminderung im TCD	20	57,5	18	53,3
Crossflow im TCD	18	52,5	16	50,0
ACM-Pulsatilitätsminderung im TCD	16	47,5	15	46,9
andere Makroangiopathien	23	57,5	20	62,5
koronare Herzkrankheit	18	45,0	16	50,0
früherer Herzinfarkt	13	32,5	13	40,6
periphere arterielle Erkrankung	15	37,5	13	40,6
Vorhofflimmern	3	7,5	2	6,3
Risikofaktoren	39	97,5	31	96,9
Rauchen (jetzt oder früher)	37	92,5	30	93,8
Hypertonie	31	77,5	24	75,0
Hypercholesterinämie	27	67,5	24	75,0
Diabetes mellitus	10	25,0	8	25,0

**Tabelle 5:** Medizinische Daten vor der Operation der 40 in die Studie eingeschlossenen Patienten und der 32 im Follow-up (F-up) untersuchten Patienten: Anzahl (n) und Prozent-Anteil (%). Bei den Zwischenüberschriften ist jeweils die Zahl der Patienten angegeben, die mindestens eine der darunter eingerückt aufgeführten Diagnosen aufweisen.

#### 5.1.4 Begleiterkrankungen und Risikofaktoren

Tabelle 6 zeigt die Koinzidenzen der Begleiterkrankungen und Risikofaktoren:

	pAVK	koronare Herzkrankheit	Herzinfarkt	Vorhofflimmern	Rauchen, jetzt oder früher	Hypertonie	Diabetes Mellitus	Hypercholesterinämie
pAVK	15							
koronare Herzkrankheit	10	18						
Herzinfarkt	6	13	13					
Vorhofflimmern	2	2	1	3				
Rauchen, jetzt oder früher	15	18	13	2	37			
Hypertonie	12	14	10	3	29	31		
Diabetes Mellitus	6	6	3	1	10	9	10	
Hypercholesterinämie	11	13	10	2	26	23	7	27

**Tabelle 6:** Koinzidenzen der Begleiterkrankungen und Risikofaktoren bei den 40 untersuchten Patienten. Alle Zahlen sind Häufigkeiten.

Zu diesen Begleiterkrankungen und Risikofaktoren habe ich aus publizierten Populationsprävalenzen epidemiologischer Studien für unsere Patienten nach Alter und Geschlecht gewichtete von Carotisstenosen unabhängige erwartete Häufigkeiten errechnet. Die verwendeten epidemiologischen Studien sind weiter unten aufgeführt. Tabelle 7 zeigt neben den beobachteten und erwarteten Häufigkeiten den Vergleich beider Häufigkeiten in einseitigen Binomialtests und Odds Ratios mit Konfidenzintervallen. Dadurch sind Häufungen von Begleiterkrankungen und Risikofaktoren bei unseren Carotispatienten erkennbar:

	n	%	e%	p	OR	OR, 95% CI
symptomatische pAVK	15	37,5	6,7	< ,0001	8,3	4,2 - 16,6
koronare Herzkrankheit	18	45,0	15,9	< ,0001	4,3	1,9 - 9,8
früherer Herzinfarkt	13	32,5	8,0	< ,0001	5,6	2,7 - 11,8
Vorhofflimmern	3	7,5	2,1	,05	3,9	0,7 - 24,7
Rauchen, jetzt oder früher	37	92,5	63,7	< ,0001	7,2	2,1 - 25,1
Hypertonie	29	72,5	62,0	,11	1,6	0,8 - 3,3
Diabetes mellitus	10	25,0	11,4	,01	2,6	1,2 - 5,5
Hypercholesterinämie	27	67,5	42,0	,001	2,9	1,5 - 5,6

**Tabelle 7:** Begleiterkrankungen und Risikofaktoren (n und %) bei den 40 untersuchten Patienten, erwartete Häufigkeit (e%) nach Hochrechnung aus epidemiologischer Studie, Wahrscheinlichkeit (p) des Unterschiedes beider Prozentanteile im einseitigen Binomialtest, Odds-Ratio (OR) mit 95% Konfidenzintervall.

Multivariate Auswertungen wurden aufgrund des kleinen Stichprobenumfanges nicht vorgenommen. Anhand der Odds Ratios ist ersichtlich, welche Faktoren bei unseren Carotispatienten gehäuft auftreten. Diese Ergebnisse hängen jedoch auch von der Qualität und Vergleichbarkeit der epidemiologischen Daten ab. Im Folgenden werden die Vergleichsgrundlagen kurz angegeben. Zum Rauchen, dem wichtigsten beeinflussbaren Risikofaktor für Carotisstenosen, habe ich einige zusätzliche Auswertungen durchgeführt.

#### Periphere arterielle Verschlusskrankheit

Deutsche getABI-Studie (Tepohl 2003). In der getABI-Studie hatten 16,9% der Patienten mit zerebrovaskulären Erkrankungen zusätzlich eine pAVK. Diese Zahl ist signifikant niedriger als der Anteil unserer Patienten mit pAVK (37,5%) (p=0,0014 im einseitigen Binomial-Test).

#### Koronare Herzkrankheit und Herzinfarkt

Prävalenzzahlen für die USA: Murabito (1993) zitiert nach Wilson (1998, p.S57). Die genaue Quelle ist jedoch unklar, da im Originalartikel von Murabito keine Zahlen angegeben sind.

#### Herzinfarkt

Deutsches Bundes-Gesundheitssurvey: Wiesner (1999b S.S74).

#### Vorhofflimmern

Deutsche MONICA-Studie, Stadt Augsburg und Umgebung, Perz (2002).

#### Hypertonie

Deutsche MONICA-Studie aus der Stadt Augsburg und Umgebung (Hense 2000).

#### Diabetes mellitus

Deutsches Bundes-Gesundheitssurvey 1998 nach Thefeld (1999 S.S86).

## Hypercholesterinämie

Bayerisches Cholesterin Screening Projekt, Richter (1995).

## Rauchen

Rauchen war der in unserer Studie am häufigsten vorkommende Risikofaktor: Von den 40 Carotis-Patienten waren 37 (92,5%) Raucher (n=20, 50%) oder Exraucher (n=17, 42,5%). Als Exraucher waren Patienten definiert, die das Rauchen vor mindestens einem Jahr aufgegeben hatten. Im Durchschnitt hatten sie das Rauchen vor 26,1 Jahren, s=15,6 Jahren aufgegeben.

Rauchen wird in der Literatur nach Alter am häufigsten als Risikofaktor für Carotisstenosen genannt. Viele Risikoberechnungen sind jedoch unzureichend, weil Exraucher als Nichtraucher gezählt wurden (siehe Kapitel 2.2.4, Seite 14). Deshalb führte ich zum Rauchen noch einige zusätzliche Auswertungen durch:

Anhand der Zahlen zur Prävalenz des Rauchens aus der Berliner Repräsentativbefragung zum Gebrauch psychoaktiver Substanzen (Kraus 2001, S.70) berechnete ich für unsere Patienten eine nach Alter und Geschlecht gewichtete erwartete Häufigkeit von Rauchen (inklusive Exrauchen) von 63,7%. Tatsächlich rauchten aber 92,5% unserer Patienten. Der Unterschied ist im einseitigen Binomialtest hoch signifikant ( $p=0,00003$ ). Aus diesem Verhältnis resultiert für Rauchen (inklusive Exrauchen) im Vergleich zu Nierauchen ein 7,2-fach erhöhtes Risiko (Odds Ratio) einer operationswürdigen Carotisstenose mit einem 95% Konfidenzintervall von 2,1 bis 25,1.

Im Gegensatz zu Kraus berichtet Junge (1999) aus dem deutschen Bundes-Gesundheitssurvey auch Zahlen für die Altersgruppen von 60 bis 80 Jahren. Daraus ergibt sich für unsere Patienten eine erwartete Prävalenz von 61,3% und damit eine noch etwas höhere Signifikanz des Unterschiedes zum tatsächlichen Raucheranteil ( $p=0,000009$  im einseitigen Binomialtest) (OR 7,8; 95%-Konfidenzintervall 2,4 bis 25,7).

Tabelle 8 zeigt unsere Patienten mit verschiedenem Rauchstatus im Vergleich:

<b>Rauchstatus</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>Alter (J) <math>\pm</math> s</b>	<b>Rauchjahre <math>\pm</math> s</b>	<b>Stenosegrad <math>\pm</math> s</b>
Nichtraucher	3	7,5	66,0 $\pm$ 9,8	0	86,7 $\pm$ 5,8
Exraucher	17	42,5	69,6 $\pm$ 11,0	25,1 $\pm$ 13,9	82,1 $\pm$ 7,3
Raucher	20	50,0	61,9 $\pm$ 8,7	41,9 $\pm$ 8,6	82,5 $\pm$ 5,2

**Tabelle 8:** Nichtraucher, Exraucher und Raucher: Anzahl (n), %-Anteile (%), Mittelwerte und Standardabweichungen: Alter der Patienten in Jahren, Rauchjahre, Stenosegrad der operierten Carotis-Arterie in Prozent.

Die Raucher hatten hoch signifikant länger geraucht ( $p<0,001$ , zweiseitig) und waren signifikant jünger ( $p=0,045$ , zweiseitig) als die Exraucher. Der Stenosegrad unterschied sich nicht signifikant ( $p=0,94$ ). Aufgrund der kleinen Zahl von Nichtrauchern wurden nur die Ergebnisse von Rauchern und Exrauchern per Mann-Whitney-Test verglichen.

### 5.1.5 Operation und Operationsergebnis

Bei 38 der 40 Patienten wurde eine Eversionsendarteriektomie einer Arteria Carotis Interna durchgeführt. Bei zwei Patienten, wurde, nachdem sie schon im Rahmen dieser Arbeit an den Untersuchungen und Tests vor der Operation teilgenommen hatten, wegen schweren koronaren Gefäßerkrankungen kurzfristig die Behandlung mit Stent gewählt. Diese beiden Patienten wurden in diese Arbeit mit einbezogen. Einer von beiden verweigerte aber die Teilnahme am Follow-up.

Bei 35 der 38 Enderteriektomie-Patienten wurde eine Intubationsnarkose und bei drei Patienten eine lokale Narkose verwendet. Nach den OP-Protokollen wurden bei drei Patienten (8%) in der Operation Shunts gelegt. Bei sechs Patienten (13%) traten SEP-Änderungen auf, die sich jedoch in allen Fällen noch während der Operation wieder normalisierten. Für die beiden Stenting-Patienten sind keine Details zur Behandlung bekannt.

Für alle 32 Patienten, die am Follow-up teilnahmen und für sieben der acht Patienten die am Follow-up nicht teilnahmen wurden Informationen über potentielle Komplikationen und ischämische Ereignisse bis zum Follow-up mindestens zwei Monate nach der Operation gewonnen:

Ein Patient starb infolge der Operation an Hirnblutungen nach Reperfusionssyndrom. Eine Patientin erlitt ein cerebrales Reperfusionssyndrom mit der Folge kleiner Infarkte mit Lähmungen des rechten Beines und des linken Armes. Diese Patientin nahm nicht am Follow-up teil und starb innerhalb eines halben Jahres nach der Operation an Metastasen einer früheren Krebserkrankung. Bei einem Patienten verschlimmerten sich die Symptome (partielle Hemiparese und Sprachstörungen) während der Operation. Dieser Patient erholte sich und erreichte bis zum Follow-up wieder seinen vorherigen neurologischen Status ohne Nachweis eines neuen Defektareals im Verlaufs-MRT. Bei einem Patienten trat perioperativ eine ipsilaterale TIA auf. Ansonsten hatte bis zum Follow-up keiner der Patienten einen Hirninfarkt eine TIA oder eine ischämische Amaurosis. Mit den zwei perioperativ permanent schwer geschädigten Patienten ergibt sich eine Komplikationsrate von 5% (95%CI binomial von 0,9% bis 14,9%).

Zum Follow-up wurden an der operierten Arterie in einem Fall eine Okklusion und in sechs Fällen mittelgradige Stenosen von etwa 50% festgestellt. Bei keinem dieser Patienten wurde ipsilateral eine erneute Intervention empfohlen oder durchgeführt. Bis zum Follow-up war bei einem Patienten eine 70%ige kontralaterale Stenose operiert worden.

Im Gespräch zum Follow-up Termin berichteten die meisten Patienten anhaltende Sensibilitätsstörungen der Haut in der Umgebung der Operationsnarbe. Ein Patient berichtete eine manchmal auftretende Taubheit an der Unterlippe. Ein Patient gab an, dass er nach der Operation keine Synkopen mehr hatte, während er vor der Operation etwa einmal wöchentlich eine Synkope hatte. Ein Patient berichtete, er leide seit der Operation ab und zu unter leichten Gleichgewichtsstörungen. Nach Angaben des behandelnden Neurologen sind diese nur als Folge des ursprünglichen Schlaganfalls vor der Operation erklärbar. Eine Patientin berichtete zum Follow-up ein "Kribbeln und Ziehen" im Kopf, das sie vor der Operation nie hatte. Ein



Neurologe habe eine Migräne diagnostiziert. Ansonsten wurden keine potentiellen andauernden Operationsfolgen festgestellt oder berichtet.

Details zu den neurologischen Skalen im Follow-up enthält Kapitel 5.4.1, Seite 67.

## 5.2 Kognitive Leistung

### 5.2.1 Kognitive Leistung vor der Operation

Die Mittelwerte und Standardabweichungen in den einzelnen kognitiven Leistungstests vor der Operation zeigt Tabelle 9. Diese Tabelle zeigt auch die Anzahl der Patienten mit starken negativen (-2s) und positiven (+2s) Abweichungen vom Mittelwert aller Patienten, wobei die Grenze bei zwei Standardabweichungen (2s) gesetzt wurde.

Test	AM	s	-2s	+2s
Mini-Mental-Test	29,0	1,4	2	X
Gesichter-Gedächtnis-Test	46,6	5,3	1	0
Zahlengedächtnis-Test	13,3	4,2	0	2
Mehrfachwahl-Wortschatz-Test	30,7	3,7	3	0
SPM Intelligenztest	18,4	5,3	1	0
Gesamtscore der kognitiven Leistung	49,6	17,7	1	0

**Tabelle 9:** Kognitive Leistungen der 40 Patienten vor der Operation, AM=Mittelwert, s=Standardabweichung, -2s=Anzahl der Patienten >2s unter AM, +2s=Anzahl der Patienten >2s über AM, X=AM+2s ist größer als das maximal mögliche Testergebnis im Mini-Mental-Test.

Vor Durchführung der Tests war bei keinem der 40 Patienten eine manifeste Demenz diagnostiziert. In Gesamtscore aus allen kognitiven Leistungsskalen vor der Operation lag ein Patient geringfügig mehr als zwei Standardabweichungen unter dem Mittelwert aller Patienten. Dieser Patient erreichte im Mini-Mental-Test mit 23 Punkten das schlechteste Ergebnis und gab damit Anlass zum Verdacht auf eine leichte Demenz. Weil dieser Patient die Test-Instruktionen verstand und befolgte und die Tests ohne Hilfe mit akzeptablen Leistungen bearbeiten konnte wurde er nicht aus der Studie ausgeschlossen. Im Follow-up verbesserte sich dieser Patient im Mini-Mental-Test um 2 Punkte auf 25 Punkte, blieb im Gesamtscore der kognitiven Leistungen aber weiterhin etwas mehr als zwei Standardabweichungen unter dem Durchschnitt aller Patienten. Kein anderer Patient lag vor oder nach der Operation in seinen kognitiven Leistungen mehr als zwei Standardabweichungen vom Durchschnitt aller Patienten entfernt.

### 5.2.2 Veränderungen der kognitiven Leistung zum Follow-up

Der Gesamtscore der kognitiven Leistungen aus den fünf Tests (Berechnungsmodus siehe Seite 51) verbesserte sich im Durchschnitt aller Patienten nach der Operation signifikant (einseitiges  $p=0,02$  im Wilcoxon-Test). In Bezug auf einzelne Tests verbesserten sich die Leistungen nur im Zahlengedächtnis-Test ( $p=0,01$ ) signifikant. Im SPM Intelligenztest wurde ein

Trend ( $p=0,06$ ) zu Verbesserungen gefunden. Geringe Verbesserungen nach der Operation zeigte der Mini-Mental-Test. Im Gesichter-Gedächtnis-Test und im Mehrfachwahl-Wortschatz-Test war die durchschnittliche Leistung nach der Operation minimal schlechter als vor der Operation, siehe Tabelle 10:

Kognitive Leistung	vOP AM	F-up AM	+ / -	p	vOP s	F-up s
Mini-Mental-Test	29,1	29,2	+	,41	1,0	1,3
Gesichter-Gedächtnis-Test	46,8	46,7	-	,29	5,5	5,1
Zahlengedächtnis-Test	12,9	14,0	++	,01	4,0	4,1
Mehrfachwahl-Wortschatz-Test	30,3	29,9	-	,50	3,9	5,4
SPM Intelligenztest	18,3	19,0	+	,06	5,3	5,1
Gesamtscore der kogn. Leistung	48,3	52,2	++	,02	17,4	20,7

**Tabelle 10:** Kognitive Leistungen vor der Operation (vOP) und im Follow-up (F-up): Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (s), Tendenz (+/-) der Veränderung der Mittelwerte (+=Verbesserung, -=Verschlechterung, ++=signifikante Verbesserung), einseitige Wahrscheinlichkeiten (p) im Wilcoxon-Test, n=32 Patienten.

### 5.2.3 Patienten mit starken Veränderungen der kognitiven Leistung

Bei 23 Patienten waren die kognitiven Leistungen im Follow-up im Vergleich zu vor CEA verbessert, bei neun Patienten verschlechtert ( $p=0,01$  im einseitigen Binomialtest). Veränderungen der Testwerte von Patienten im Vergleich der Tests vor und nach Operation, die eine Standardabweichung der Messergebnisse vor der Operation überschritten, wurden als starke Veränderungen definiert (siehe Seite 52). Die Anzahl der Patienten mit starken Veränderungen zeigt Tabelle 11:

Kognitive Leistung	-1s	+1s	p
Mini-Mental-Test	2	1	,50
Gesichter-Gedächtnis-Test	5	5	,62
Zahlengedächtnis-Test	1	5	,11
Mehrfachwahl-Wortschatz-Test	3	1	,31
SPM Intelligenztest	3	7	,17
Gesamtscore der kognitiven Leistung	2	3	,50

Tabelle 11: Häufigkeit von starken Verschlechterungen (-1s) und Verbesserungen (+1s) von mehr als einer Standardabweichung im Follow-up für die Tests der kognitiven Leistung, einseitige Wahrscheinlichkeiten (p) im Binomialtest, n=32 Patienten.

Im Gesamtscore der kognitiven Leistung verschlechterten sich zwei und es verbesserten sich drei Patienten um mindestens eine Standardabweichung von der Messung vor CEA zum Follow-up.

### 5.2.4 Follow-up Abstand zur Operation und kognitive Leistung

Die Varianz der zeitlichen Abstände der Follow-up-Untersuchungen zu den Untersuchungen vor der Operation ( $s=4,9$  Monate) wurde für eine explorative Auswertung des Zusammen-

hangs zwischen Follow-up-Abstand und Veränderung des Gesamtscores der kognitiven Leistung genutzt: Der Differenzscore (Gesamtscore der kognitiven Leistung im Follow-up minus Gesamtscore der kognitiven Leistung vor der Operation) wurde mit dem Follow-up-Abstand korreliert. Dabei wurde eine signifikante positive Spearman-Korrelation gefunden ( $r=0,39$ ; zweiseitiges  $p=0,03$ ).

## 5.3 Emotionaler Status

### 5.3.1 Allgemeines zum emotionalen Status der Patienten

Der Mittelwert der 13 visuellen Analogskalen zur Selbstbeurteilung des emotionalen gesundheitlichen und kognitiven Status wurde als Gesamtscore (VAS) dieser Skalen verwendet. VAS und Erlanger Depressivitäts-Skala (EDS) der 40 Patienten vor der Operation korrelierten mit  $r=-0,53$  ( $p=0,000$ ). Die Mittelwerte lagen bei VAS 49,3 ( $s=9,1$ ) und EDS 8,3 ( $s=3,7$ ).

Mit der EDS wurde bei keinem der Patienten vor oder nach der Operation eine schwere Depression diagnostiziert. Eine leichte Depression mit Werten ab 10 auf der Erlanger Depressions-Skala hatten vor der Operation 13 (32,5%) der 40 Patienten, im Follow-up noch 8 (25%) der 32 am Follow-up teilnehmenden Patienten. Der maximale EDS-Score war vor der Operation 17 und im Follow-up 15.

### 5.3.2 Emotionaler Status vor der Operation und im Follow-up

Im Follow-up waren die Patienten im Mittel signifikant weniger depressiv (EDS,  $p<0,001$ ) und hatten auch signifikant bessere Ergebnisse auf den visuellen Analogskalen (VAS,  $p=0,001$ ) als vor der Operation. VAS und EDS wurden, wie im Methodenteil auf Seite 51 beschrieben gleichgerichtet und zu einem Percentil-Gesamtscore zusammengefasst. Auch für diesen Gesamtscore war die Verbesserung zum Follow-up hoch signifikant ( $p<0,001$ ), siehe Tabelle 12:

Emotionaler Status	vOP AM	F-up AM	p	vOP s	F-up s
Erlanger Depressions-Skala (EDS)	8,8	5,8	,000	4,0	4,1
Selbstbeurteilung (VAS)	47,8	53,4	,001	9,6	8,5
Gesamtscore des emotionalen Status	39,8	59,6	,000	23,9	27,2

**Tabelle 12:** Emotionaler Status vor der Operation (vOP) und im Follow-up (F-up): Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (s), zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (p) im t-Test für Paardifferenzen,  $n=32$  Patienten.

### 5.3.3 Patienten mit starken Veränderungen des emotionalen Status

Veränderungen der Testwerte von Patienten im Vergleich der Tests vor und nach Operation, die eine Standardabweichung der Messergebnisse vor der Operation überschritten, wurden als starke Veränderungen definiert (siehe Seite 52). Die Anzahl der Patienten mit starken Veränderungen der Depressivität und Selbstbeurteilung zeigt die Tabelle 13:

Emotionaler Status	-1s	+1s	p
Erlanger Depressions-Skala	0	13	,000
Selbstbeurteilung (VAS)	1	9	,011
Gesamtscore des emotionalen Status	0	13	,000

**Tabelle 13:** Anzahl der Patienten mit starken Verschlechterungen (-1s) und Verbesserungen (+1s) von mehr als einer Standardabweichung zum Follow-up auf der Erlanger Depressions-Skala, in der Selbstbeurteilung (VAS) und im Gesamtscore aus beiden Tests, Wahrscheinlichkeiten (p) im Binomialtest.

Im Gesamtscore des emotionalen Status verbesserten sich vom Vor-CEA-Test zum Follow-up 13 Patienten um mehr als eine Standardabweichung und es wurde keine einzige starke Verschlechterung festgestellt ( $p < 0,001$  im Binomialtest).

#### 5.3.4 Veränderungen auf den einzelnen visuellen Analogskalen

Bei den visuellen Analogskalen (VAS) zur Selbstbeurteilung der Stimmung, Leistungsfähigkeit und Gesundheit wurden die Patienten instruiert, auf einer 80mm langen Skala den ihrem Gefühl entsprechenden Punkt zwischen den beiden links und rechts stehenden gegensätzlichen Begriffen (z.B. "krank und "gesund") anzukreuzen, wobei das rechts stehende Wort einen eher positiv bewerteten Zustand bezeichnen sollte.

In Tabelle 14 sind die Veränderungen der Ergebnisse auf den einzelnen VAS-Skalen von der Messung vor der Operation zum Follow-up nach ihrer Signifikanz geordnet:

Visuelle Analogskala	vOP AM	F-up AM	p	vOP s	F-up s
traurig - fröhlich	40,3	54,7	,000	17,1	13,6
untätig - aktiv	44,0	56,9	,001	19,7	11,9
unsicher - sicher	51,5	57,9	,008	16,3	10,6
krank - gesund	45,5	53,6	,024	16,3	14,9
vergesslich - konzentriert	42,4	50,8	,026	21,1	16,3
schläfrig - wach	46,3	50,5	,190	19,1	18,5
schwach - stark	42,9	45,9	,222	16,1	15,1
abhängig - selbständig	53,4	56,9	,318	18,0	18,1
verwirrt - geistig klar	59,0	61,2	,386	16,2	9,8
reizbar - ausgeglichen	47,8	50,3	,470	17,1	21,7
schwunglos - schwungvoll	43,9	46,1	,540	16,1	16,5
sorgenvoll - zuversichtlich	49,6	54,6	,266	22,0	15,2
verschlossen - kontaktfreudig	55,3	54,1	,679	15,5	13,2
Gesamtscore (Mittelwert)	47,8	53,4	,001	9,6	8,5

**Tabelle 14:** Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (s) auf den visuellen Analogskalen vor der Operation (vOP) und im Follow-up(F-up), zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (p) in t-Tests für Paardifferenzen, n=32 Patienten.

Beim Follow-up nach der Operation waren die Patienten nach ihren eigenen Angaben signifikant fröhlicher, aktiver, sicherer, gesünder und konzentrierter. Die durchschnittliche Kontakt-

freudigkeit ließ minimal nach, während die Patienten bei allen anderen Skalen im Durchschnitt leichte Verbesserungen angaben. Der Gesamtscore der visuellen Analogskalen als Mittelwert aller Scores bei den einzelnen Items verbesserte sich zum Follow-up hoch signifikant ( $p=0,001$ ).

### 5.3.5 Follow-up Abstand zur Operation und emotionaler Status

Die Varianz der zeitlichen Abstände der Follow-up-Untersuchungen zu den Untersuchungen vor der Operation wurde für eine explorative Auswertung des Zusammenhangs zwischen Follow-up-Abstand und Veränderung des Gesamtscores des emotionalen Status genutzt: Der Differenzscore (Gesamtscore des emotionalen Status im Follow-up minus Gesamtscore des emotionalen Status vor der Operation) wurde mit dem Follow-up-Abstand korreliert. Dabei wurde eine geringe positive Spearman-Korrelation gefunden ( $Rho=0,30$ ;  $p=0,10$ ).

### 5.3.6 Emotionaler Status und kognitive Leistung

Zwischen dem Gesamtscore des emotionalen Status und dem Gesamtscore der kognitiven Leistung vor der Operation wurde eine Spearman-Korrelation von  $r=0,11$  ( $p=0,49$ ) gefunden.

Auch der Zusammenhang zwischen der Veränderung des emotionalen Status und der Veränderung der kognitiven Leistung zum Follow-up wurde exploriert: Es wurden jeweils die Differenzen, Follow-up-Gesamtscore minus Vor-OP-Gesamtscore, berechnet und miteinander korreliert. Dabei wurde eine Spearman-Korrelation von  $r=0,05$  ( $p=0,81$ ) gefunden.

## 5.4 **Neurologischer Status**

Im folgenden werden die Auswertungsergebnisse der neurologischen Skalen dargestellt. Weitere Details zum neurologischen Operationsergebnis enthält der Abschnitt 5.1.4 auf Seite 59 dieser Arbeit.

### 5.4.1 Neurologische Skalen vor der Operation und im Follow-up

Den Vergleich der Ergebnisse auf den neurologischen Skalen (NIHSS, Rankin, Barthel und Nine-Hole-Peg-Test) vor der Operation mit den Ergebnissen im Follow-up zeigt Tabelle 15. Zusätzlich wird dort ein Gesamtscore der neurologischen Skalen angegeben. Dieser Gesamtscore wurde für jeden Patienten berechnet als Mittelwert seiner Prozentränge auf den einzelnen Skalen. Die Vorzeichen wurden dabei so verändert, dass höhere Werte im Gesamtscore einen besseren neurologischen Status repräsentieren.

Neurologische Skalen	n	vOP AM	F-up AM	+ / -	p	vOP s	F-up s
NIHSS	31	0,77	0,65	+	0,31	1,3	1,7
Barthel Index	31	99,4	99,7	+	0,32	2,5	1,8
Rankin Scale	31	0,53	0,39	+	0,06	0,9	0,8
Nine-Hole-Peg-Test	32	17,2	18,8	-	0,14	4,5	9,4
Gesamtscore	32	49,2	51,8	+	0,63	17,4	15,7

**Tabelle 15:** Neurologische Skalen vor der Operation (vOP) und im Follow-up (F-up): Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (s), Tendenz (+/-) der Veränderung der Mittelwerte (+=Verbesserung, -=Verschlechterung), zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (p) im Wilcoxon-Test, jeweils für die n Patienten, die sowohl vor als auch nach der Operation getestet wurden.

Der Gesamtscore der neurologischen Skalen zeigt keine signifikante Veränderung ( $p=0,63$ ) zum Follow-up. Auf der Rankin-Skala wurde im Mittel der Patienten eine beinahe signifikante Verbesserung beobachtet ( $p=0,06$ ), bei fünf Verbesserungen von Rankin 1 auf 0, einer Verbesserung von 2 auf 0 und einer Verschlechterung von 0 auf 1. NIHSS und Barthel-Index zeigen im Mittel nur sehr geringe Verbesserungen. Im Nine-Hole-Peg-Test wurde eine Tendenz zur Verschlechterung festgestellt ( $p=0,14$ ) mit signifikant unterschiedlichen Standardabweichungen ( $p=0,0002$  im einseitigen F-Test) vor und nach der Operation.

Aufgrund der gegenläufigen Tendenz des Nine-Hole-Peg-Test zu den übrigen Tests wurden zusätzlich die Gesamtscores aus den neurologischen Skalen ohne Nine-Hole-Peg-Test vor der Operation und im Follow-up verglichen und eine signifikante Verbesserung von im Mittelwert 47,6 auf 52,9 festgestellt ( $p=0,04$  im zweiseitigen Wilcoxon-Test).

#### 5.4.2 Follow-up Abstand zur Operation und neurologische Skalen

Die Varianz der zeitlichen Abstände der Follow-up-Untersuchungen zu den Untersuchungen vor der Operation wurde für eine explorative Auswertung des Zusammenhangs zwischen Follow-up-Abstand und Veränderung des Gesamtscores der neurologischen Skalen genutzt: Der Differenzscore (Gesamtscore der neurologischen Skalen im Follow-up minus Gesamtscore der neurologischen Skalen vor der Operation) wurde mit dem Follow-up-Abstand korreliert. Die Spearman-Korrelation war schwach positiv ( $r=0,27$ ;  $p=0,13$  zweiseitig). Lässt man den in der Tendenz gegenläufigen Nine-Hole-Peg-Test aus dem Gesamtscore heraus und korreliert nur mit dem Gesamtscore aus den Skalen NIHSS, Barthel-Index und Rankin-Scale wird die Spearman-Korrelation etwas stärker und signifikant positiv ( $r=0,41$ ;  $p=0,02$  zweiseitig).

#### 5.4.3 Neurologischer Status und kognitive Leistungen

Zwischen dem Gesamtscore der neurologischen Skalen und dem Gesamtscore der kognitiven Leistungen vor der Operation wurde eine Spearman-Korrelation von  $r=0,15$  ( $p=0,36$ , zweiseitig) gefunden.

Der Zusammenhang der Veränderung des neurologischen Status mit der Veränderung der kognitiven Leistung zum Follow-up wurde exploriert: Es wurden jeweils die Differenzen,

Follow-up-Gesamtscore minus Vor-OP-Gesamtscore, berechnet und miteinander korreliert. Dabei wurde eine Spearman-Korrelation von  $r=-0,04$  ( $p=0,83$ , zweiseitig) gefunden.

Auch wenn man den Nine-Hole-Peg-Test, der sich im Mittel nach der Operation verschlechterte, aus dem Gesamtscore der neurologischen Skalen herauslässt, kommt man zu einem ähnlichen Ergebnis:  $r=-0,03$  ( $p=0,88$ , zweiseitig).

#### 5.4.4 Operationsseite und kognitive Leistung

An der linken Karotis-Arterie wurden 21 Patienten operiert, rechts 19. Die links operierten erreichten vor der Operation einen durchschnittlichen Gesamtscore (Prozentrang) der kognitiven Leistung von 46,0 ( $s=18,5$ ), die rechts operierten 53,8 ( $s=14,7$ ). Beide Werte unterschieden sich nicht signifikant im zweiseitigen Mann-Whitney-Test ( $p=0,13$ ).

Bei den 32 im Follow-up untersuchten Patienten verbesserte sich der Gesamtscore der kognitiven Leistung der 18 links operierten Patienten im Durchschnitt um 2,7 Prozentpunkte ( $s=9,6$ ). Die 14 rechts operierten verbesserten sich um 5,4 Punkte ( $s=13,3$ ). Im zweiseitigen Mann-Whitney-Test war dieser Unterschied nicht signifikant ( $p=0,17$ ).

Im Follow-up erreichten die 18 links operierten im Durchschnitt einen Prozentrang von 46,8 ( $s=23,3$ ), die 14 rechts operierten einen Prozentrang von 59,0 ( $s=14,7$ ). Der Unterschied war im zweiseitigen Mann-Whitney-Test nicht signifikant ( $p=0,13$ ).

#### 5.4.5 Hirnfarkte neurologischer Status und kognitive Leistung

Einen Hirnfarkt hatten bis zum Zeitpunkt der Untersuchung vor der Operation 22 Patienten erlitten. 17 Patienten hatten nur eine TIA oder Amaurosis fugax. Eine Patientin hatte keine eindeutig ischämische Symptomatik.

Der Gesamtscore der neurologischen Skalen vor CEA der Patienten ohne und mit vorherigem Hirnfarkt unterschied sich hoch signifikant, siehe Tabelle 16:

Neurologische Skalen	Mittelwerte		p	Standardabw.		pL
	Hirnfarkt > ja	nein		ja	nein	
NIHSS	1,2	0,1	,01	1,5	0,2	,00
Rankin Scale	0,9	0,1	,01	1,0	0,2	,00
Barthel Index	99,0	100,0	,62	3,0	0,0	,01
Nine-Hole-Peg-Test	18,8	16,0	,03	5,2	2,2	,09
Gesamtscore neurologische Skalen	40,5	59,4	,002	20,0	9,2	,000

**Tabelle 16:** Vergleich von 22 Patienten mit (ja) und 18 Patienten ohne (nein) Hirnfarkt auf den neurologischen Skalen vor der Operation: Mittelwerte und Standardabweichungen, zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (p) im Mann-Whitney-Test, zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (pL) im Levene-Test für Varianzgleichheit.

Bis auf den Barthel-Index, wo ein Deckeneffekt beobachtet wurde, zeigten die Hirnfarkt-Patienten signifikant schlechtere Werte auf den neurologischen Skalen als die übrigen Patienten.

ten. Außerdem waren die Varianzen bei den Hirninfarkt-Patienten signifikant höher als bei den übrigen Patienten.

Vor CEA waren 22 Patienten mit vorherigem Hirninfarkt nur geringfügig schlechter im Gesamtscore der kognitiven Leistung als die 18 anderen Patienten: Mittlere Percentile: 46,6 (s=17,5) und 53,2 (s=17,6). Der Unterschied war nicht signifikant (p=0,24) im zweiseitigen Mann-Whitney-Test.

Die im Follow-up untersuchten 18 Patienten, die vor CEA einen Hirninfarkt erlitten hatten, zeigten zum Follow-up eine etwas weniger verbesserte kognitive Leistung als die 14 Patienten ohne Hirninfarkt: 3,1 (s=11,9) und 4,8 (s=10,7). Der Unterschied beider Gruppen war im zweiseitigen Mann-Whitney-Test nicht signifikant (p=0,73).

## 5.5 Hämodynamik

### 5.5.1 Hämodynamik und kognitive Leistung vor der Operation

Die 20 Patienten mit hämodynamischen Auffälligkeiten (Pulsatilitätsminderung oder Crossflow) wurden mit den anderen 17 Patienten bezüglich ihrer kognitiven Leistungen vor der Operation verglichen (siehe Tabelle 17). Für drei Patienten konnten vor der Operation wegen schlechten transtemporalen Schallfenstern keine ausreichenden transkraniellen Ultraschalldaten gewonnen werden.

Kognitive Leistung	Mittelwert		p	Standardabw.		pL
	Hämodynamische Auffälligkeit > nein	ja		nein	ja	
Mini-Mental-Test	29,3	28,8	,58	0,8	1,8	,16
Gesichter-Gedächtnis-Test	46,0	46,6	,90	6,8	3,8	,02
Zahlengedächtnis-Test	13,3	13,1	,49	3,7	4,6	,66
Mehrfachwahl-Wortschatz-Test	30,5	30,4	,85	4,2	3,2	,73
SPM Intelligenztest	16,5	19,8	,09	6,1	3,5	,01
Gesamtscore der kognitiven Leistung	48,2	48,0	,87	20,9	13,0	,05

**Tabelle 17:** Kognitive Leistungen von 20 Patienten mit (ja) und 17 Patienten ohne (nein) hämodynamische Auffälligkeit (Crossflow oder Pulsatilitätsminderung) vor der Operation: Mittelwerte und Standardabweichungen, zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (p) im Mann-Whitney-Test, zweiseitige Wahrscheinlichkeiten im Levene-Test (pL) für Varianzgleichheit.

Für Patienten mit hämodynamischen Auffälligkeiten wurden keine signifikanten Unterschiede im Gesamtscore der kognitiven Leistungen gefunden. Im SPM-Test zeigte sich eine Tendenz (p=0,09) zu besseren Leistungen für die 20 Patienten mit Crossflow oder Pulsatilitätsminderung. Die Varianzen der hämodynamisch unauffälligen Patienten waren signifikant größer im Gesichter-Gedächtnis-Test, im Standard Progressive Matrices Test und im Gesamtscore der kognitiven Leistungen.



### 5.5.2 Hämodynamik und kognitive Leistung zum Follow-up

Bei 14 der später im Follow-up untersuchten 32 Patienten wurden auf der Seite der späteren Operation flache Pulswellen in der ACM (=Pulsatilitätsminderung) oder intrakranieller kollateraler Blutfluss (=Crossflow) zur Seite der operierten Karotisstenose über den Circulus arteriosus cerebri Willisii gefunden.

Im Follow-up war bei 13 dieser Patienten keine hämodynamische Auffälligkeit mehr feststellbar. Einer dieser Patienten war inzwischen kontralateral hämodynamisch auffällig.

Um die Hypothese zu überprüfen, dass Verbesserungen der Hämodynamik mit verbesserten kognitiven Leistungen einhergehen, wurden die Veränderungen der kognitiven Leistung zum Follow-up der zwölf eindeutig verbesserten Patienten mit den übrigen 18 Patienten verglichen. Bei zwei Patienten fehlten aufgrund schlechter transkranieller Schallfenster ausreichende Daten, um festzustellen, ob es zum Follow-up zu einer hämodynamischen Verbesserung gekommen war:

Elf (92%) der 12 zum Follow-up hämodynamisch verbesserten Patienten verbesserten auch ihre kognitive Leistung. Bei den hämodynamisch nicht verbesserten Patienten verbesserten nur 11 (61%) von 18 ihre kognitive Leistung zum Follow-up ( $p=0,073$  im einseitigen Fisher-Exact-Test). Gruppenstatistiken zeigt Tabelle 18:

Kognitive Leistung	Mittelwert		p	Standardabw.		pL
	nein	ja		nein	ja	
Mini-Mental-Test	0,0	0,0	,33	1,1	0,4	,08
Gesichter-Gedächtnis-Test	-0,1	-0,3	,36	6,5	3,6	,07
Zahlengedächtnis-Test	0,7	1,5	,27	2,9	2,7	,78
Mehrfachwahl-Wortschatz-Test	-1,4	1,4	,03	4,1	2,4	,22
SPM Intelligenztest	0,2	2,5	,22	6,2	3,1	,10
Gesamtscore der kognitiven Leistung	0,1	9,4	,03	12,5	7,2	,03

**Tabelle 18:** Veränderungen der kognitiven Leistungen zum Follow-up (Leistungen im Follow-up minus Leistungen vor OP) von 18 Patienten ohne (nein) und 12 Patienten mit (ja) zum Follow-up verbesserter Hämodynamik: Mittelwerte und Standardabweichungen, einseitige Wahrscheinlichkeiten (p) im Mann-Whitney-Test, zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (pL) im Levene-Test für Varianzgleichheit.

Die kognitiven Leistungen der zwölf Patienten mit verbesserter Hämodynamik verbesserten sich im Durchschnitt um einen Prozentrang von 9,4 ( $s=7,2$ ), die der übrigen um 0,1 ( $s=12,5$ ). Der Unterschied beider Gruppen war mit  $p=0,032$  im einseitigen Mann-Whitney-Test signifikant. Auch zwischen den Varianzen beider Gruppen besteht ein signifikanter Unterschied ( $p=0,03$  im Levene-Test): Die Varianz der Veränderungen der kognitiven Leistungen war in der Gruppe der hämodynamisch verbesserten Patienten signifikant geringer.

Die mittleren Gesamtscores der kognitiven Leistung für die 12 im Follow-up hämodynamisch verbesserten und die 18 nicht verbesserten Patienten vor CEA und im Follow-up zeigt Tabelle 19:

Gruppe	kognitive Leistung	
	vor CEA	Follow-up
12 hämodynamisch verbesserte Patienten	48,08	57,43
18 hämodynamisch nicht verbesserte Patienten	44,89	45,04
p im zweiseitigen Mann-Whitney-Test	0,368	0,065

**Tabelle 19:** Gesamtscore der kognitiven Leistung der 12 im Follow-up hämodynamisch verbesserten im Vergleich mit den 18 nicht verbesserten Patienten vor CEA und im Follow-up.

Vor der Operation war die kognitive Leistung der später hämodynamisch verbesserten 12 Patienten um 3,2 Prozentpunkte besser (zweiseitiges  $p=0,37$  im Mann-Whitney-Test) als die der 18 Patienten mit später unveränderter oder schlechterer Hämodynamik. Im Follow-up war die kognitive Leistung der 12 hämodynamisch verbesserten Patienten um 12,4 Prozentpunkte besser als die der übrigen Patienten ( $p=0,065$  im zweiseitigen Mann-Whitney-Test).

### 5.5.3 Pulsatilitätsminderung, Crossflow und kognitive Leistung im Follow-up

Um zu überprüfen, ob der Zusammenhang zwischen hämodynamischen Verbesserungen und Verbesserungen der kognitiven Leistung im Follow-up eher auf der Variable Pulsatilitätsminderung oder auf der Variable Crossflow beruht, wurden für diese Variablen getrennte Auswertungen durchgeführt, siehe Tabelle 20:

	im Follow-up	n	DKL	p	sDKL	pL
Pulsatilitätsminderung	verschwunden	10	10,8	,016	7,0	,08
	unverändert	20	0,3		11,9	
Crossflow	verschwunden	11	10,0	,019	2,2	,05
	unverändert	19	0,2		2,8	
Hämodynamische Auffälligkeit	verschwunden	12	9,4	,027	7,2	,03
	unverändert	18	0,1		12,5	

**Tabelle 20:** Veränderungen (=Differenzen) der kognitiven Leistung bei Patienten nach Verschwinden von Pulsatilitätsminderungen oder Crossflow oder jeder hämodynamischen Auffälligkeit im Vergleich zu den jeweils unveränderten Patienten: DKL=Gesamtscore der kognitiven Leistung im Follow-up minus Gesamtscore der kognitiven Leistung vor der Operation, Anzahl (n) der Patienten, einseitige Wahrscheinlichkeiten (p) des jeweiligen Unterschiedes im Mann-Whitney-Test, sDKL=Standardabweichung von DKL und zweiseitige Wahrscheinlichkeiten (pL) des Varianzunterschiedes im Levene-Test.

Beide Auswertungen erbrachten sehr ähnliche Wahrscheinlichkeiten in einseitigen Mann-Whitney-Tests:  $p=0,016$  für Verbesserungen der kognitiven Leistungen nach dem Verschwinden von flachen Pulswellen ( $n=10$  versus 20) und  $p=0,019$  für Verbesserungen der kognitiven Leistungen nach dem Verschwinden von Crossflow ( $n=11$  versus 19). Trotz dieser sehr ähnlichen Wahrscheinlichkeiten wurden bei beiden Auswertungen fünf Patienten unterschiedlich klassifiziert.

#### 5.5.4 Hämodynamik und emotionaler Status

Die 20 Patienten mit hämodynamischen Auffälligkeiten (Pulsatilitätsminderung oder Crossflow) wurden mit den anderen 17 Patienten bezüglich ihres emotionalen Status vor der Operation verglichen (siehe Tabelle 17). Die 20 Patienten mit hämodynamischen Auffälligkeiten hatten einen tendenziell besseren emotionalen Status als die 17 anderen Patienten: 48,4 (s=21,8) und 36,1 (s=23,2),  $p=0,13$  im Mann-Whitney-Test. Für drei Patienten konnten vor der Operation wegen schlechten transtemporalen Schallfenstern keine ausreichenden transkraniellen Daten gewonnen werden.

Der emotionale Status der zwölf Patienten, deren hämodynamische Auffälligkeiten (Pulsatilitätsminderung oder Crossflow) im Follow-up beseitigt war, wurden mit den übrigen 18 Patienten verglichen: Der Gesamtscore des emotionalen Status der 12 hämodynamisch verbesserten Patienten verbesserte sich zum Follow-up um 17,8 Punkte (s=18,1). Der emotionale Status der übrigen Patienten verbesserte sich um 22,4 Punkte. Der Unterschied war nicht signifikant ( $p=0,73$  im Mann-Whitney Test). Bei zwei Patienten konnten wegen schlechter transtemporaler Schallfenster keine ausreichenden Dopplerdaten erhoben werden, um eine Aussage zur Verbesserung von hämodynamischen Auffälligkeiten zum Follow-up zu machen.

#### 5.5.5 Hämodynamik und neurologischer Status

Vor der Operation gab es keinen signifikanten Unterschied des mittleren neurologischen Status zwischen den 20 Patienten mit hämodynamischen Auffälligen (Pulsatilitätsminderung oder Crossflow) und den 17 unauffälligen Patienten: 51,5 (s=15,7) und 48,5 (s=20,1),  $p=0,83$  im Mann-Whitney-Test. Für drei Patienten konnten wegen schlechter transtemporaler Schallfenster keine ausreichenden transkraniellen Daten gewonnen werden.

Im Follow-up wurde bei den zwölf Patienten, deren hämodynamische Auffälligkeiten (Pulsatilitätsminderung oder Crossflow) beseitigt war, eine etwas geringere Verbesserung des neurologischen Status beobachtet, als bei den 18 anderen Patienten, bei denen die Dopplerdaten für eine Aussage ausreichten: -0,4 (s=12,1) und 3,5 (s=10,8),  $p=0,26$  im Mann-Whitney-Test. Der Unterschied war nicht signifikant.