

Prävalenz und Charakteristika apraktischer Defizite bei links- und rechtshemisphärischen Schlaganfällen

Prevalence and characteristics of apraxic deficits after left and right hemisphere stroke

Autoren

S. Latarnik^{1,2*}, K. Wirth^{1*}, A. Held¹, E. Kalbe³, J. Kessler¹, J. Saliger⁴, H. Karbe⁴, G. R. Fink^{1,2} und P. H. Weiss^{1,2}

Institute

- 1 Klinik und Poliklinik für Neurologie, Medizinische Fakultät und Uniklinik Köln, Universität zu Köln
- 2 Kognitive Neurowissenschaften, Institut für Neurowissenschaft und Medizin (INM-3), Forschungszentrum Jülich
- 3 Medizinische Psychologie | Neuropsychologie & Gender Studies, Center für Neuropsychologische Diagnostik und Intervention (CeNDI), Medizinische Fakultät und Uniklinik Köln, Universität zu Köln
- 4 Neurologisches Rehabilitationszentrum Godeshöhe, Bonn

Schlüsselwörter

Apraxie, Aphasie, Schlaganfall, Kölner Apraxie Screening

Key words

Apraxia, aphasia, stroke, Cologne Apraxia Screening

eingereicht 4.12.2018

akzeptiert 4.10.2019

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1082-6501>

Fortschr Neurol Psychiatr 2020; 88: 232–240

© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York

ISSN 0720-4299

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Peter H. Weiss-Blankenhorn
Kognitive Neurologie, Klinik und Poliklinik für Neurologie,
Uniklinik Köln
50924 Köln
Deutschland
Tel.: +49-221-478-98812
Fax: +49-221-478-7005
E-Mail: Peter.Weiss-Blankenhorn@uk-koeln.de

ZUSAMMENFASSUNG

Die überwiegende Anzahl bisheriger Studien zu Apraxien fokussiert die Rolle der linken Hemisphäre (LH), obwohl im klinischen Alltag apraktische Defizite auch bei Patienten mit

rechtshemisphärischen Schlaganfällen (RH) beobachtet werden. Daher wurden in der aktuellen Untersuchung die Prävalenz und Ausprägung apraktischer Defizite bei Patienten mit linkshemisphärischen (n = 66) und rechtshemisphärischen (n = 73) Schlaganfällen verglichen, nachdem für Alter und sprachliche Leistung kontrolliert worden war.

Unter Anwendung dieser Kontrollvariablen ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den linkshemisphärisch und rechtshemisphärisch betroffenen Patienten bei der Imitation von Handpositionen. Übereinstimmend mit früheren Berichten schnitten die Patienten mit rechtshemisphärischen Schlaganfällen aber bei der Imitation der Fingerkonstellationen schlechter ab. Interessanterweise zeigten die rechtshemisphärisch betroffenen Patienten auch geringere Leistungen bei den bukkofazialen Items des Kölner Apraxie Screenings (KAS), vornehmlich bei Gesten der oberen Gesichtshälfte. Für beide Patientengruppen wirkten sich sprachliche Auffälligkeiten mehr auf die Pantomime- als auf die Imitationsleistungen beeinträchtigend aus.

Die Ergebnisse legen nahe, dass nach der Kontrolle für Alter und sprachliche Leistungen die Prävalenz und Ausprägung apraktischer Defizite bei Patienten mit rechts- und linkshemisphärischen Schlaganfällen nicht signifikant unterschiedlich sind und in den jeweiligen Rehabilitationsprogrammen entsprechend berücksichtigt werden sollten.

ABSTRACT

Investigations of apraxia typically focus on the role of the left hemisphere (LH), although apraxic deficits can also be observed after a right hemispheric (RH) stroke. We directly compared the prevalence and severity of apraxic deficits in patients with LH (n = 66) and RH (n = 73) stroke, after controlling for the effects of age and language performance. Apraxic deficits were assessed using the KAS (Cologne Apraxia Screening, including subscales for pantomiming and the imitation of bucco-facial and hand/arm gestures) as well as the Goldenberg Hand and Finger Imitation Test. Subsequently, we evaluated the effect of age, language performance, and hemisphere on the prevalence and characteristics of apraxic deficits by regression analyses and mixed design ANOVAS. For the imitation of hand positions, no significant difference was found between LH and RH stroke

*Beide Autorinnen trugen gleichermaßen zum Manuskript bei und teilen sich somit die Erst-Autorenschaft.

patients, when controlling for age and language performance. Consistent with the literature, RH stroke patients showed a poorer performance when imitating finger configurations. RH stroke patients also performed worse in the bucco-facial items of the KAS, particularly due to lower scores in upper-face gestures. For both patient groups, the language performance was related more to the pantomime than to the imitation subscales

of the KAS. Data suggest that a comparable prevalence and severity of apraxic deficits can be found after LH and RH stroke when controlling for age and language abilities. As a consequence, an apraxic work-up should be included in the assessment of both LH and RH stroke patients prior to neurorehabilitation.

Einleitung

Als Apraxie bezeichnet man Störungen der motorischen Kognition, die nicht durch basale motorische oder sensorische Defizite bzw. Kommunikationsstörungen wie eine komorbide Aphasie in ausreichender Weise erklärt werden können [1]. Typischerweise manifestieren sich apraktische Defizite nach Schlaganfällen sowohl ipsi- als auch kontraläsional [2] und stellen ein beträchtliches Hindernis für den Rehabilitationserfolg und die Selbstversorgung der Betroffenen dar [3]. Charakteristische apraktische Symptome sind der gestörte Werkzeuggebrauch (sowohl tatsächlicher Gebrauch als auch Pantomime) und eine Beeinträchtigung der Gestik. Die im Folgenden dargestellte Untersuchung stützt sich auf die häufig genutzte Unterteilung apraktischer Defizite nach motorischen Domänen, konkret den Werkzeuggebrauch, die Pantomime des Objektgebrauchs und die Imitation von Gesten [4].

In der Literatur werden apraktische Defizite vornehmlich in Zusammenhang mit linkshemisphärischen Läsionen geschildert, wobei je nach betroffener Domäne bzw. je nach Effektor auch eine Beteiligung der RH diskutiert wird. Die Imitation von Handstellungen wird vorwiegend mit der LH assoziiert, die Imitation von Fingerstellungen hingegen mit beiden Hemisphären [5]. Des Weiteren wird eine überwiegende Repräsentation des Werkzeuggebrauchs, der Pantomime des Objektgebrauchs und der kommunikativen Gesten in der linken, oftmals sprachdominanten Hemisphäre postuliert [5].

Unterschiedliche hemisphärische Fehler-Muster bei effektor-spezifischen Aufgaben schilderten auch Bizzozero et al. [6] für die bukkofaziale Apraxie, wobei Patienten nach Schlaganfällen der LH mehr zu fehlerhaften Gesten der unteren Gesichtspartie und Patienten nach Schlaganfällen der RH zur Apraxie der oberen Gesichtshälfte tendierten. Insgesamt sind apraktische Symptome laut einer zunehmenden Anzahl von Studien bei Schlaganfällen der RH in vielfältiger Erscheinungsform vorhanden sowie auch in einer nicht zu unterschätzenden Häufigkeit. Zum Beispiel identifizierten Wirth, Held et al. [7] 34 apraktische Patienten in einer Stichprobe von 100 Patienten mit einem Schlaganfall der RH. Die dargestellten Gegebenheiten legen nahe, die Rolle beider Hemisphären bei der Prävalenz und Klassifikation der Apraxien genauer zu beleuchten.

Bei Studien zu Schlaganfallfolgen werden vornehmlich Kohorten älterer Patienten untersucht. Häufig wird das Alter kontrolliert, um konfundierende Gruppenunterschiede zu minimieren. Die Auswirkung des Alters auf die jeweils untersuchte abhängige Variable wird hingegen nicht immer systematisch ausgewertet. Dadurch sind pathologische und (altersentsprechende) normale Prozesse oftmals nicht voneinander abgrenzbar [8]. Es gibt aber Indizien dafür, dass das Alter – unabhängig von anderen Faktoren

– bei der Entwicklung kognitiver Beeinträchtigungen speziell nach Schlaganfällen eine ungünstige Rolle spielt [9]. Bezogen auf die Apraxien bietet sich ein uneinheitliches Bild [10, 11]. Hier sollte ein potenzieller Alterseffekt durch Bildung von für diesen Aspekt kontrollierten Gruppen eliminiert werden.

Oft treten Apraxien gemeinsam mit Aphasien auf. Dissoziationen sind möglich, wobei aphasische Patienten ohne Apraxie häufiger als apraktische Patienten ohne Aphasie berichtet werden. Beispielsweise beschrieben Weiss et al. [12] eine Stichprobe (n = 50), bei der 50 % der Patienten eine Kombination beider Störungen aufwiesen. Dabei waren 93 % der apraktischen Patienten auch aphasisch, aber nur 67 % der aphasischen Patienten auch apraktisch. Ähnliche Zahlenverhältnisse werden in der Literatur berichtet [13, 14]. Aktuell ist nicht vollständig geklärt, inwiefern es sich bei der Überschneidung der Störungsbilder Aphasie und Apraxie um eine funktionelle oder eine neuroanatomische Assoziation handelt. Hierbei legen Untersuchungen bei Rechtshändern eine Dominanz der linken Hemisphäre für Sprache und Praxis nahe [12, 15, 16]. Zudem zeigen andere Untersuchungen eine enge Verbindung von Aphasie und Pantomime-Defiziten [14].

In vorherigen Studien wurde oftmals der Einfluss sprachlicher Auffälligkeiten auf die Schwere und Charakteristika der apraktischen Defizite nicht gut kontrolliert. Zumeist wurden sprachliche Defizite nur bei Patienten mit Schlaganfällen der LH berücksichtigt. In manchen Studien zur Apraxie war Aphasie sogar ein Einschlusskriterium, sodass nichtaphasische Patienten mit linkshemisphärischem Schlaganfall gar nicht untersucht wurden [15, 16]. In anderen Studien wurde der Einfluss der Aphasie-Schwere prinzipiell erfasst, aber nur bei linkshemisphärischen Schlaganfällen einer weiteren Auswertung unterzogen [6, 14, 17]. Um mögliche sprachliche Defizite zu berücksichtigen, verwendeten wir in der aktuellen Untersuchung möglichst sprachfreie Materialien für die Apraxie-Testung. Des Weiteren untersuchten wir zwei Gruppen von Patienten mit Schlaganfällen der linken Hemisphäre (LH: n = 66) bzw. der rechten Hemisphäre (RH: n = 73), die im Hinblick auf sprachliche Performanz und Alter vergleichbar waren, um den Einfluss dieser beiden Variablen auf die hemisphärenspezifischen apraktischen Defizite bzw. Apraxie-Muster zu minimieren.

Methoden

Stichprobe

Die retrospektiv untersuchte Gesamtstichprobe umfasste insgesamt 286 Schlaganfall-Patienten, davon 186 Patienten mit linkshemisphärischem Schlaganfall und 100 Patienten mit rechtshemisphärischem

Schlaganfall. Die Einschlusskriterien waren: das Vorliegen eines Schlaganfalls der LH oder RH, keine (älteren) Infarkte der kontralateralen Hemisphäre, Rechtshändigkeit, ein Alter zwischen 18 und 90, Einwilligungsfähigkeit sowie der Ausschluss einer Demenz, Suchterkrankung und Depression. Beim Vorliegen einer entsprechenden Diagnose oder vorbestehender diagnosespezifischer Medikation wurden Patienten von der Untersuchung ausgeschlossen. Die Diagnosen stützten sich auf Eigen- und Fremdanamnesen, medizinische Vorberichte und Informationen behandelnder Ärzte. Zudem wurden keine gesetzlich betreuten Patienten eingeschlossen.

Die Testungen fanden im Zeitraum vom 15.10.2008 bis zum 01.06.2016 statt, die Daten wurden zum Zweck mehrerer Studien im Rahmen der Apraxieforschung erhoben [7, 18, 19].

Prozedur

Zunächst wurden in der Gesamtstichprobe ($n = 286$) korrelative Zusammenhänge zwischen Alter, sprachlichen Leistungen und den Apraxie-Indikatoren erstellt. Hierbei waren hohes Alter und zunehmende sprachliche Defizite (operationalisiert mit den ACL-K-Scores, siehe unten) positiv mit der Apraxie-Schwere korreliert. Daraufhin wurden aus der Gesamtstichprobe zwei Stichproben mit Schlaganfällen der LH ($n = 66$) und RH ($n = 73$) erstellt, die bezüglich Alter und sprachlicher Leistung vergleichbar waren (siehe ▶ Tab. 1). Das Vorgehen verfolgte die Absicht, den Einfluss der Variablen Alter und Sprachleistung zu kontrollieren, um andere Gruppenunterschiede, bereinigt um den Effekt dieser beiden Einflussfaktoren, herausarbeiten zu können. Bei 25 der links-hemisphärischen und 38 der rechtshemisphärischen Patienten wurde die Diagnose Apraxie gestellt. Als Kriterium wurde dabei ein auffälliger Wert bei mindestens einem der drei unten aufgeführten Apraxie-Tests festgelegt. Alle Patienten, die im KAS den Gesamtwert von 77 von 80 oder im Imitationstest nach Goldenberg den Cut-Off von 18 beim Untertest Handpositionen bzw. 17 beim Untertest Fingerkonfigurationen unterschritten, wurden als apraktisch eingeordnet. In den beiden kontrollierten Gruppen (LH: $n = 66$, RH: $n = 73$) wurden 47 Patienten (LH: 16, RH: 31) durch den KAS, 25 Patienten (LH: 13, RH: 12) durch den Handimitationstest und 37 Patienten (LH: 10, RH: 27) durch den Fingerimitationstest nach Goldenberg als apraktisch identifiziert. Zudem waren 31 Patienten (LH: 8, RH: 23) in allen drei Apraxie-Tests auffällig.

▶ Tab. 1 fasst die soziodemographischen Angaben sowie relevante klinische Merkmale der Stichproben zusammen. Die Patienten wurden in der Klinik und Poliklinik für Neurologie der Uniklinik Köln sowie im Neurologischen Rehabilitationszentrum Godeshöhe in Bonn rekrutiert. Die Studie wurde in Übereinstimmung mit den ethischen Prinzipien der World Medical Association (Declaration of Helsinki) durchgeführt und von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln genehmigt.

Klinische Merkmale der beiden Patientengruppen mit Schlaganfällen der rechten bzw. linken Hemisphäre

Ein Großteil der untersuchten Patienten erlitt einen Schlaganfall ischämischer Ursache (LH: 60 Patienten [90,9 %], RH: 63 Patienten [86,3 %]), wobei am häufigsten das Versorgungsgebiet der

Arteria cerebri media (LH: 54 Patienten [81,8 %], RH: 58 Patienten [79,4 %]) betroffen war. Keine signifikanten Unterschiede diesbezüglich (▶ Tab. 2) konnten zwischen Patienten nach Schlaganfällen der LH und der RH festgestellt werden. ▶ Tab. 2 führt eine Typisierung der links- und rechtshemisphärischen Schlaganfälle in Bezug auf Ätiologie und das arterielle Versorgungsgebiet auf.

Neuropsychologische Testinstrumente

Die Händigkeit wurde mithilfe des Edinburgh Händigkeits-Inventars [20] bestimmt. In den Testsitzungen wurden mögliche sprachliche Auffälligkeiten mit der Kurzversion der Aphasie-Check-Liste (ACL-K) [21] erfasst. Die ACL-K trifft eine Aussage darüber, ob und in welchem Ausmaß eine Aphasie vorliegt. Der Untertest „Lauter Lesen“ erfordert das Vorlesen von Wörtern, Sätzen und Pseudowörtern. Im „Farb-Figur-Test“ wird das Sprachverständnis untersucht, indem die Versuchsperson gebeten wird, nach Anweisung auf verschiedenfarbige Formen zu zeigen. Der Untertest „Supermarkt“ ist ein Indikator für Wortflüssigkeit. Bei der Aufgabe soll eine maximale Anzahl von normalerweise im Supermarkt erhältlichen Artikeln in einer Minute genannt werden. Die ACL-K beinhaltet weiterhin eine generelle Einschätzung der verbalen Kommunikationsfähigkeit seitens des Untersuchers. Unterschreitet der transformierte Gesamtwert 33 von 40 Punkten, gilt der Patient als aphasisch.

Apraktische Symptome wurden mit dem Imitationstest nach Goldenberg sowie dem Kölner Apraxie Screening (KAS) evaluiert. Der Imitationstest nach Goldenberg [15] setzt sich aus zwei Untertests mit jeweils zehn Handpositionen und zehn Fingerkonfigurationen zusammen, die vom Patienten imitiert werden sollen. Die Patienten werden angewiesen, die zur Läsion ipsilaterale Hand zu benutzen, die Gesten werden vom Untersucher spiegelverkehrt demonstriert. Patienten mit weniger als 18 von 20 Punkten bei den Handpositionen oder weniger als 17 bei den Fingerkonstellationen werden als apraktisch eingestuft.

Das Kölner Apraxie Screening (KAS) [19] besteht aus insgesamt vier Untertests, die dadurch gebildet werden, dass die Pantomime des Objektgebrauchs und die Imitation von Gesten nochmals nach den Effektoren Bukkofazial und Arm/Hand unterschieden werden. Jeder der vier Untertests beinhaltet fünf Abbildungen, die mit der Bitte um pantomimische Vorführung des Gebrauchs des dargestellten Objekts oder der Imitation der abgebildeten Geste präsentiert werden. Laut Instruktion setzen linkshemisphärisch betroffene Patienten bei den Arm/Hand-Untertests die linke Hand ein. Bei Patienten mit rechtshemisphärischen Schlaganfällen wurde eine eigens für diese Patientengruppe entwickelte Form des Tests verwendet [7]. Zur Erleichterung der Durchführung ist das Bildmaterial gespiegelt dargestellt (z. B. ist der Tassenhenkel nach rechts ausgerichtet). Zur Ausführung der Gesten soll bei Patienten mit einem Schlaganfall in der RH die rechte Hand bei den Arm/Hand-Untertests eingesetzt werden. Laut dem KAS werden alle Probanden als apraktisch klassifiziert, die weniger als 77 von 80 möglichen Punkten im Test erreichen.

Die klinisch-neuropsychologischen Untersuchungen dauerten ca. 45 Min. und wurden von Ärzten und Psychologen durchgeführt.

► Tab. 1 Soziodemographische und klinische Charakteristika der Stichproben.

Merkmal	Statistischer Kennwert	Patienten		
		LH n = 66	RH n = 73	
Alter in Jahren [#]	MW (SD) Median (Bandbreite)	65,1 (12,78) 68 (38–86)	64,3 (13,65) 13,56 (29–89)	t = 0,319 (p = 0,750)
Geschlecht (m:w)	Anzahl	44:22	36:37	$\chi^2 = 4,272$ (p = 0,029)*
Erkrankungsdauer in Tagen	MW (SD) Median (Bandbreite)	41,2 (128,47) 4 (0–732)	50,31 (106,19) 16 (1–651)	t = -0,453 (p = 0,655)
ACL-K [#]	MW (SD) Median (Bandbreite)	33,13 (6,78) 35 (7,5–40)	33,33 (6,62) 36 (8–40)	t = -0,174 (p = 0,862)
Imitation von Handpositionen nach Goldenberg	MW (SD) Median (Bandbreite)	18,33 (2,16) 19 (10–20)	18,64 (2,94) 19 (8–20)	t = -0,827 (p = 0,408)
Imitation von Fingerstellungen nach Goldenberg	MW (SD) Median (Bandbreite)	18,32 (2,3) 19 (7–20)	16,58 (4,06) 18 (3–20)	t = 3,058** (p = 0,003)
KAS-Gesamtwert	MW (SD) Median (Bandbreite)	76,56 (9,17) 80 (20–80)	74,93 (7,2) 77 (38–80)	t = 1,171 (p = 0,244)
KAS-Subtests Imitation	MW (SD) Median (Bandbreite)	38,55 (3,58) 40 (20–40)	37,96 (3,75) 40 (18–40)	t = 0,940 (p = 0,349)
KAS-Subtests Pantomime	MW (SD) Median (Bandbreite)	38,02 (5,97) 40 (0–40)	37,96 (5,16) 38 (2–40)	t = 1,109 (p = 0,270)
KAS-Subtests bukkofazial	MW (SD) Median (Bandbreite)	38,67 (4,27) 40 (12–40)	36,97 (3,95) 38 (20–40)	t = 2,413* (p = 0,017)
KAS-Subtests Hand/Arm	MW (SD) Median (Bandbreite)	37,9 (5,17) 40 (8–40)	37,95 (4,2) 40 (16–40)	t = -0,064 (p = 0,949)

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung;

* p ≤ 0,05;

** p ≤ 0,01;

= Diese beiden Variablen wurden für die Einteilung in die beiden vergleichbaren Gruppen genutzt.

ACL-K = Kurze Aphasie-Check-Liste: Cut-Off < 33

Imitationstest nach Goldenberg – Handpositionen: Cut-Off < 18

Imitationstest nach Goldenberg – Fingerkonfigurationen: Cut-Off < 17

KAS = Kölner Apraxie Screening: Cut-Off < 77

Soziodemographisch zeigt sich in der aktuellen Stichprobe eine signifikant höhere Anzahl an Männern gegenüber Frauen bei linkshemisphärisch betroffenen Patienten.

Statistische Analysen

Die Auswertung fand unter Verwendung von IBM SPSS Version 25.0 statt. Bei fehlender Normalverteilung wurden die Ergebnisse jeweils mit nichtparametrischen Verfahren überprüft.

Der Einfluss der betroffenen Hemisphäre, der intakten oder gestörten Sprachfunktion und des Alters auf 1) den Imitationstest nach Goldenberg (Untertests Handpositionen und Fingerkonfigurationen) sowie 2) den Gesamtwert im KAS wurde regressionsanalytisch ermittelt, wobei die erstgenannten drei Merkmale als unabhängige Variablen festgelegt wurden. Korrelationen zwischen Alter und sprachlichen Leistungen einerseits und den Resultaten der Apraxietests andererseits wurden durch Erstellung von Korrelationskoeffizienten nach Pearson (zweiseitige Hypothese) vorgenommen. Zur Beleuchtung des Zusammenhangs zwischen

Hemisphäre, Alter und Sprachfunktionen auf der einen Seite und den KAS-Untertests auf der anderen Seite wurde ein gemischtes Design für Varianzanalysen mit Messwiederholungen gewählt. Dabei fungierten die Untertests gruppiert zu Domänen (Pantomime versus Imitation) und Effektoren (Bukkofazial versus Arm/Hand) als Innersubjektfaktoren, die Hemisphäre als Zwischensubjektfaktor und Alter sowie sprachliche Leistungen als Kovariaten. Zur Detailbetrachtung wurden zusätzlich die Stimuli des KAS-Untertests „Imitation Bukkofazial“, dem Schema des Upper and Lower Face Apraxia Test [6] folgend, in Gesten der oberen und unteren Gesichtspartie aufgeteilt. Regressionsanalytisch wurde untersucht, wie sich Alter, Sprachfunktionen und die betroffene Hemisphäre auf die Imitationsleistung bei Gesten der oberen und unteren Gesichtspartie auswirken.

► **Tab. 2** Typisierung der links- und rechtshemisphärischen Schlaganfälle in Bezug auf Ätiologie und das arterielle Versorgungsgebiet.

	Patienten		
Ätiologie	LH n = 66	RH n = 73	1. $\chi^2 = 0,722$ p = 0,395
Ischämisch	60 (90,9 %)	63 (86,3 %)	
Hämorrhagisch	6 (9,1 %)	10 (13,7 %)	
Arteriell Versorgungsgebiet*	LH n = 66	RH n = 73	2. $\chi^2 = 0,006$ p = 0,938
Schlaganfälle unter Beteiligung der Arteria cerebri media	54 (81,8 %)	58 (79,4 %)	
Schlaganfälle unter Beteiligung der Arteria cerebri anterior	7 (10,6 %)	4 (5,5 %)	
Schlaganfälle unter Beteiligung der Arteria cerebri posterior	8 (12,1 %)	13 (17,8 %)	

In der Tabelle werden ätiologische Merkmale und die betroffenen arteriellen Versorgungsgebiete der links- und rechtshemisphärischen Schlaganfälle aufgelistet. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der links- und rechtshemisphärisch betroffenen Gruppe.

*Da kombinierte Schlaganfälle der Arteria cerebri media/Arteria cerebri anterior und der Arteria cerebri media/Arteria cerebri posterior in getrennter Form aufgeführt werden, addieren sich die Spalten nicht zu 100%.

1. Im χ^2 -Test wurden kontrastiert: Ischämische Schlaganfälle gegen hämorrhagische Schlaganfälle.

2. Im χ^2 -Test wurden kontrastiert: Isolierte Schlaganfälle der Arteria cerebri media gegen kombinierte Schlaganfälle der Arteria cerebri media mit der Arteria cerebri anterior oder posterior und isolierte Schlaganfälle der Arteria cerebri anterior oder posterior.

Ergebnisse

Entsprechend dem Verfahren zur Bildung der beiden gleich großen Untergruppen zeigte sich bezüglich Alter und sprachlichen Leistungen kein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten mit Schädigung der LH oder der RH (► **Tab. 1**). Patienten beider Gruppen erwiesen sich als sprachlich wenig beeinträchtigt. Je 28,8% der Patienten nach Schlaganfällen der LH und der RH waren aber laut ACL-K zumindest leicht aphasisch.

25 Patienten (37,9%) mit Schlaganfällen der LH und 38 Patienten (52,1%) mit Schlaganfällen der RH wurden von mindestens einem der Testverfahren als apraktisch identifiziert. Acht (12,1%) Personen aus der Stichprobe der linkshemisphärisch und 23 (31,5%) aus der Stichprobe rechtshemisphärisch betroffenen Patienten waren sowohl gemäß dem Imitationstest nach Goldenberg für Handpositionen oder Fingerkonfigurationen als auch gemäß dem KAS apraktisch. Dieser Unterschied war signifikant ($\chi^2 = 7,517$, $p = 0,006$). Laut Imitationstest für Handpositionen oder Fingerkonfigurationen (nach Goldenberg) wurden 17 (25,8%) Patienten mit einem Schlaganfall der LH und 30 (40,5%) Patienten mit einem Schlaganfall der RH als apraktisch eingestuft. Die Anzahl der Apraxiediagnosen nach rechtshemisphärischen Schlaganfällen durch den Goldenberg-Imitationstest lag damit tendenziell höher als bei

Patienten mit einem Schlaganfall der LH ($\chi^2 = 3,644$, $p = 0,056$). Aufgeteilt auf die Untertests Hand- und Fingerimitation ergab sich bei der Imitation der Handpositionen kein signifikanter Unterschied zwischen Patienten mit Läsionen der LH (13 auffällige Patienten, 19,7%) und der RH (12 auffällige Patienten, 16,4%; $\chi^2 = 0,250$, $p = 0,617$). Dagegen waren bei der Imitation der Fingerkonfigurationen mit 27 Patienten (37,0%) signifikant mehr Patienten infolge von rechtshemisphärischen Schlaganfällen als linkshemisphärischen Schlaganfällen (10 auffällige Patienten, 15,2%) beeinträchtigt ($\chi^2 = 8,460$, $p = 0,004$). Ein ähnliches Muster, nämlich mehr apraktische Patienten in der Gruppe mit einem Schlaganfall der RH (31 Patienten, 42,5,9%) als in der linkshemisphärischen Gruppe (16 Patienten, 24,2%), wurde auch für den KAS beobachtet ($\chi^2 = 5,143$, $p = 0,023$).

Unter Einbezug aller Patienten ($n = 139$) fanden sich signifikant niedrigere Testergebnisse für die Pantomime des Objektgebrauchs als für die Imitation ($F(1,135) = 8,854$, $p = 0,003$; ► **Abb. 1**). Die apraktischen Patienten ($n = 63$) zeigten dieses Muster aber nicht.

Effekte der Hemisphären

Im Einklang mit bisherigen Befunden in der Literatur zeigte sich auch nach der Kontrolle für sprachliche Auffälligkeiten und Alter eine signifikant stärkere Beeinträchtigung bei der Imitation von Fingerkonfigurationen nach Schlaganfällen der RH, sowohl für die Gesamtgruppe ($n = 139$; $\beta = -0,268$, $t = -3,928$, $p < 0,001$) als auch für die Untergruppe der apraktischen Patienten ($n = 63$; $\beta = -0,355$, $t = -3,292$, $p = 0,002$). Hingegen manifestieren sich keine Hemisphären-Effekte bei der Imitation der Handpositionen, weder bei der Gesamtstichprobe ($\beta = 0,055$, $t = 0,866$, $p = 0,388$)

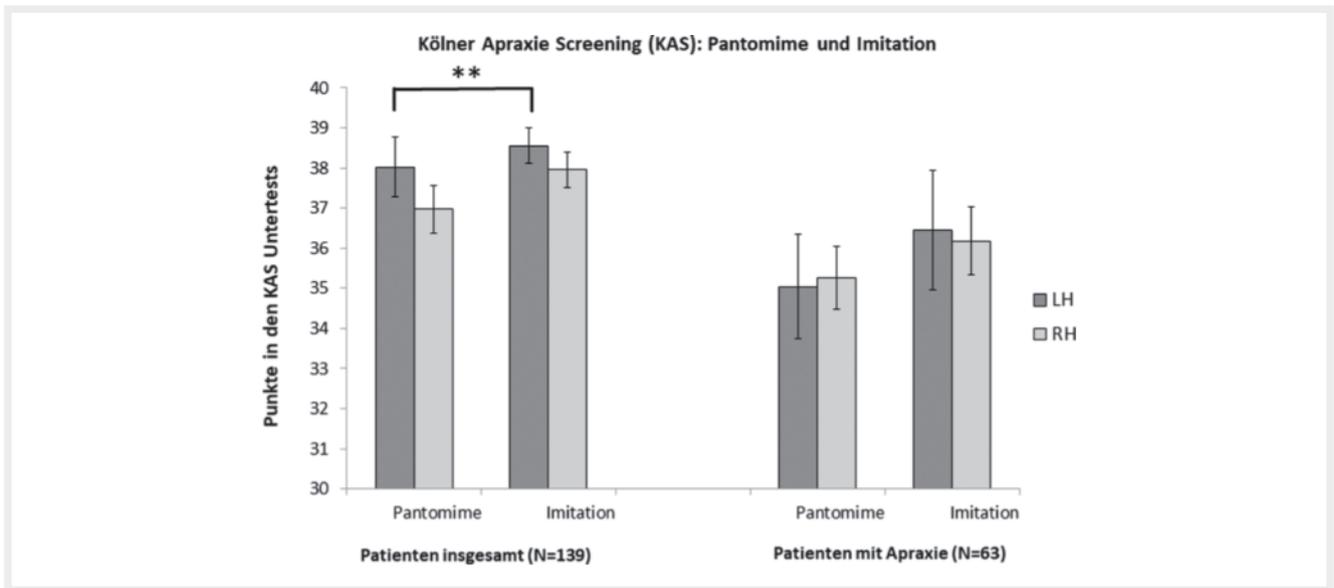
= Diese beiden Variablen wurden für die Einteilung in die beiden vergleichbaren Gruppen genutzt.

* $p \leq 0,05$;

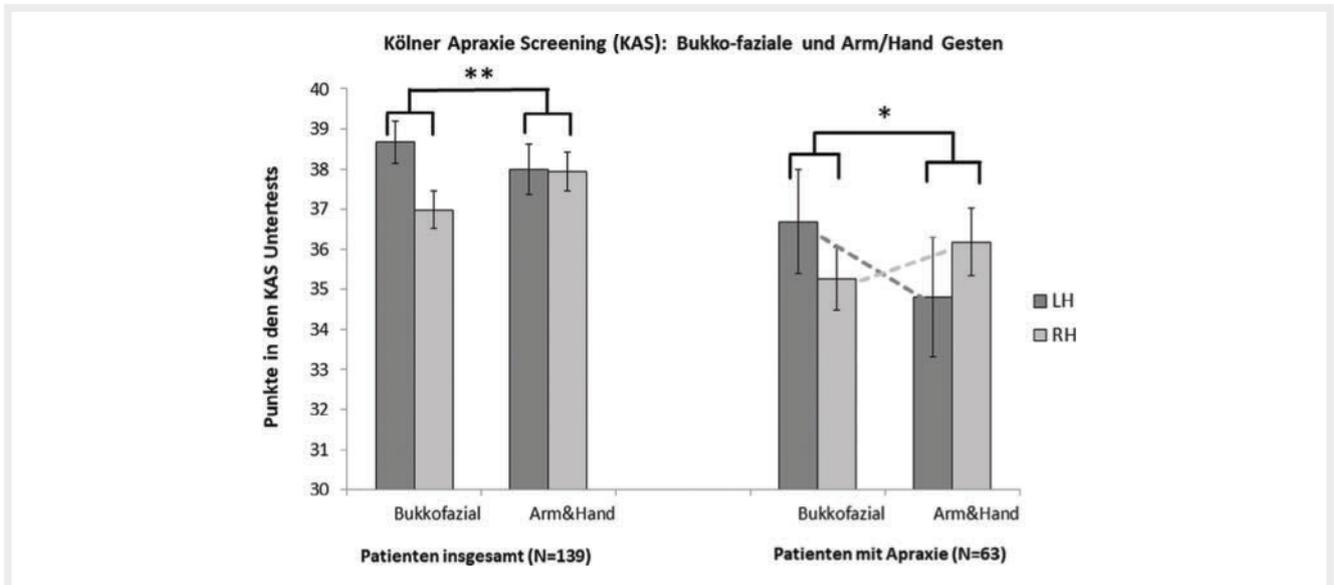
= Diese beiden Variablen wurden für die Einteilung in die beiden vergleichbaren Gruppen genutzt.

** $p \leq 0,01$;

* $p \leq 0,05$;



► **Abb. 1** Punktwerte aller Patienten mit linkshemisphärischen und rechtshemisphärischen Schlaganfällen (n = 139) in den KAS- Untertests Imitation und Pantomime (links) und die entsprechenden Punktwerte der Untergruppe der apraktischen Patienten (n = 63, rechts). Der Fehlerindikator entspricht dem Standardfehler.

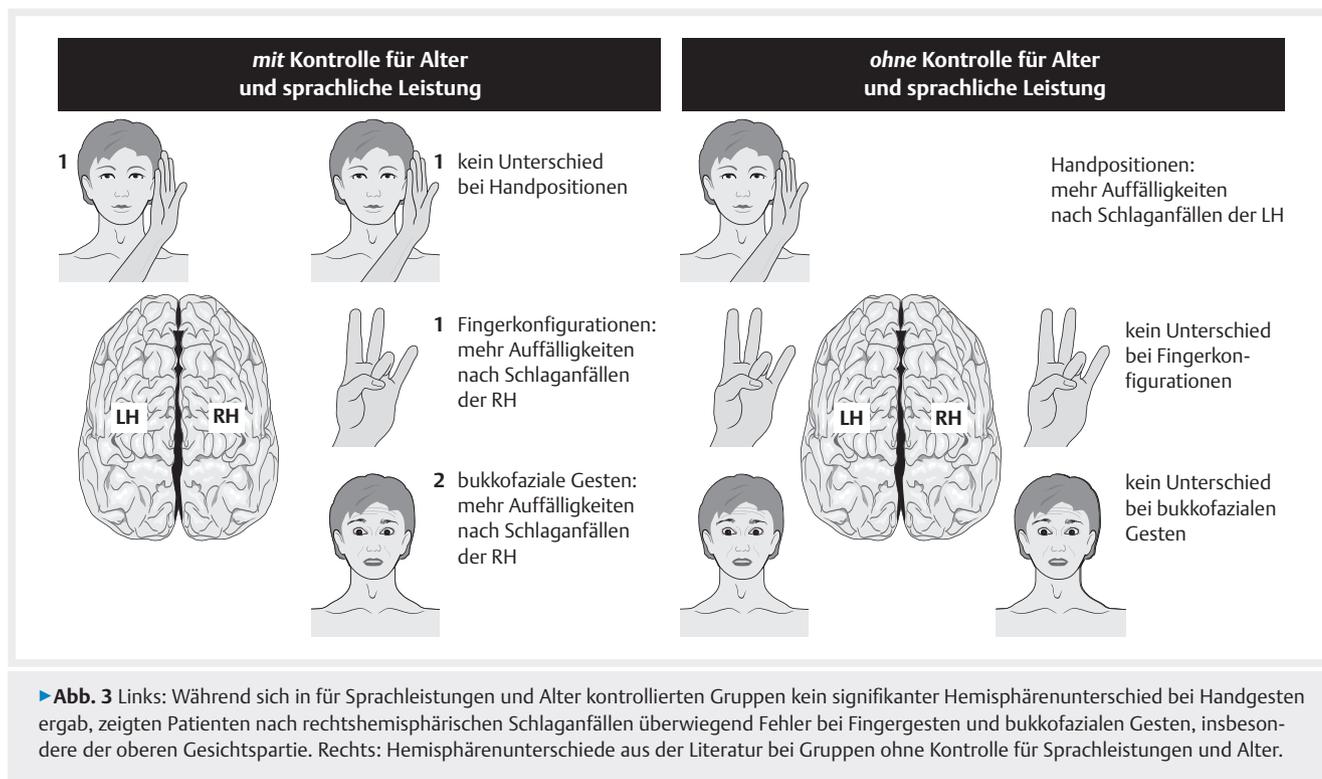


► **Abb. 2** Punktwerte aller Patienten mit linkshemisphärischen und rechtshemisphärischen Schlaganfällen (n = 139) in den KAS- Untertests Bukkofazial und Arm/Hand (links) und die entsprechenden Punktwerte der Untergruppe der apraktischen Patienten (n = 63, rechts). Der Fehlerindikator entspricht dem Standardfehler.

noch bei der apraktischen Subgruppe ($\beta = 0,131$, $t = 1,363$, $p = 0,178$).

Bei der Gesamtstichprobe resultierte der Hemisphären-Effekt beim KAS ($\beta = -0,115$, $t = -1,990$, $p = 0,049$) daher, dass Patienten mit Schlaganfällen der RH bei bukkofazialen Aufgaben geringere Punktzahlen als bei Aufgaben mit Einsatz von Arm und Hand erzielten – im Gegensatz zu Patienten mit Schlaganfällen der LH (► **Abb. 2**, ► **Abb. 3**). Dieses signifikante Muster fand sich für alle Patienten ($n = 139$; $F[1,135] = 9,859$, $p = 0,002$) und auch für die apraktischen Patienten ($n = 63$; F

[1, 59] = 5,160, $p = 0,027$). Weitere Auswertungen brachten ebenfalls zutage, dass die Imitation bukkofazialer Gesten der oberen Gesichtshälfte bei der Gruppe Patienten mit rechtshemisphärischen Schlaganfällen ($\beta = -0,186$, $t = -2,402$, $p = 0,018$) schlechter ausfiel, wohingegen Gesten unter Gebrauch der unteren Gesichtshälfte keine Hemisphären-Unterschiede aufwiesen. Ebenso verhielt es sich in der Gruppe der apraktischen Patienten: der Unterschied der Hemisphären fand sich nur für die Gesten der oberen Gesichtshälfte ($\beta = -0,241$, $t = -2,005$, $p = 0,05$).



► **Abb. 3** Links: Während sich in für Sprachleistungen und Alter kontrollierten Gruppen kein signifikanter Hemisphärenunterschied bei Handgesten ergab, zeigten Patienten nach rechtshemisphärischen Schlaganfällen überwiegend Fehler bei Fingergersten und bukkofazialen Gesten, insbesondere der oberen Gesichtspartie. Rechts: Hemisphärenunterschiede aus der Literatur bei Gruppen ohne Kontrolle für Sprachleistungen und Alter.

Effekte der sprachlichen Leistungen

Erwartungsgemäß erwies sich die sprachliche Leistung in der Gruppe aller Patienten als Prädiktor für apraktische Defizite. Am prägnantesten war der Einfluss auf den KAS-Gesamtscore ($\beta = 0,691$, $t = 11,889$, $p < 0,001$), gefolgt von der Imitation der Handpositionen ($\beta = 0,5977$, $t = 9,247$, $p < 0,001$) und der Imitation von Fingerkonfigurationen ($\beta = 0,411$, $t = 5,977$, $p < 0,001$). Dieses Muster der Prädiktion durch die sprachlichen Auffälligkeiten konnte so für die Gruppe der apraktischen Patienten repliziert werden: Einfluss der Sprachleistung auf die Ergebnisse im KAS ($\beta = 0,725$, $t = 8,518$, $p < 0,001$), bei der Imitation der Handpositionen ($\beta = 0,529$, $t = 6,143$, $p < 0,001$) und bei der Imitation von Fingerkonfigurationen ($\beta = 0,341$, $t = 3,157$, $p < 0,001$).

Ein differenzieller Effekt zeigte sich bei den motorischen Domänen. In der Gesamtgruppe ($F[1, 135] = 22,753$, $p < 0,01$) und in der Gruppe der apraktischen Patienten ($F[1, 59] = 14,535$, $p < 0,01$) wirkten sich sprachliche Auffälligkeiten auf die Pantomime gravierender aus als auf die Imitationsleistungen.

Effekte des Alters

Wenn auch in geringerem Ausmaß als verringerte sprachliche Leistungen reduzierte hohes Alter in der Gruppe aller Schlaganfall-Patienten die Leistungen in allen drei Apraxietests. Am stärksten trat der Effekt bei den Fingerkonfigurationen ($\beta = -0,324$, $t = -4,715$, $p < 0,001$) auf, nur leicht abgeschwächt bei den Handpositionen ($\beta = -0,232$, $t = -3,606$, $p < 0,001$) und beim KAS-Gesamtscore ($\beta = -0,179$, $t = -3,078$, $p = 0,003$). Bei den apraktischen Patienten fand sich ebenfalls eine signifikante altersbedingte Leistungsabnahme bei den Fingerkonfigurationen ($\beta = -0,305$, $t = -2,839$, $p = 0,006$), den Handpositionen ($\beta = -0,256$, $t = -2,678$, $p = 0,010$) und dem KAS ($\beta = -0,213$,

$t = -2,52$, $p = 0,014$). Alter hatte keinen (differenziellen) Einfluss auf die motorischen Domänen oder die Effektoren.

Diskussion

Da hinreichend anerkannt ist (und in der aktuellen Untersuchung wieder bestätigt wurde), dass sich Alter und sprachliche Leistungen auf apraktische Defizite auswirken, standen im Fokus dieser Untersuchung zur Prävalenz und den Charakteristika apraktischer Defizite bei links- und rechtshemisphärischen Schlaganfall-Patienten zwei Gruppen (LH $n = 66$, RH $n = 73$) mit ähnlichem Alter und einer vergleichbaren sprachlichen Leistungsfähigkeit (► **Tab. 1**). Nach Kontrolle der Variablen Alter und Sprachleistung fand sich eine bemerkenswert hohe Anzahl rechtshemisphärischer Patienten mit Apraxie. Hierzu trug wesentlich bei, dass Patienten mit Schädigung der RH bei der Imitation von Fingergersten mehr Fehler zeigten als Patienten mit Schädigung der LH. Außerdem produzierten Patienten mit Läsionen der RH verglichen mit Patienten mit Läsionen der LH bei den bukkofazialen Items im KAS mehr Fehler, was zu einem niedrigeren Gesamtergebnis beim KAS führte (► **Abb. 3**). Dabei waren die Gesten, die den Einsatz der oberen Gesichtspartie erforderten, signifikant stärker betroffen. Neben diesen aufgaben- und effektorspezifischen Effekten hatte wahrscheinlich auch die Kontrolle für den Einflussfaktor Sprachleistung einen Effekt auf die Prävalenz apraktischer Defizite bei der aktuellen Stichprobe von Patienten mit Schlaganfällen der RH ($n = 73$). Durch die Auswahl von Schlaganfall-Patienten mit ähnlicher sprachlicher Beeinträchtigung gemäß der ACL-K kam es für die Patienten mit Schlaganfällen der RH zu einer Selektion der stärker betroffenen Patienten. Die aus der ursprünglichen Stichprobe ($n = 100$) ausgewählten 73 Patienten mit einem Schlaganfall der RH hatten einen

durchschnittlichen ACL-K-Punktwert von 33,3 (►Tab. 1). Dieser Punktwert entspricht dem Median der rechtshemisphärischen Patienten mit Apraxie nach dem Goldenberg-Imitationstest (n = 34, siehe ►Tab. 1 in 7). Hingegen liegt der abgeglichene durchschnittliche ACL-K-Punktwert von 33,1 (►Tab. 1) bei den 66 Patienten mit einem Schlaganfall in der LH näher an dem Median der Patienten ohne Apraxie (31,7) aus der ursprünglichen Stichprobe von 186 Patienten mit linkshemisphärischem Schlaganfall. Dies bedeutet aber auch, dass beim Vergleich zu Patienten mit Schlaganfällen in der LH das Ausmaß apraktischer Defizite bei Patienten mit rechtshemisphärischen Schlaganfällen unterschätzt wird, wenn nicht – wie in der vorliegenden Untersuchung – für das Ausmaß sprachlicher Auffälligkeiten kontrolliert wird. Umgekehrt müssen weitere Studien zeigen, ob die allgemein bekannten, relevanten apraktischen Defizite bei Patienten mit Schlaganfällen der LH nur eine Konsequenz der häufigen aphasischen Störungen dieser Patientengruppe sind oder auch unabhängig von Sprachbeeinträchtigungen auftreten [12].

Der Hauptbefund der aktuellen Untersuchung ist die vergleichbare Prävalenz von apraktischen Defiziten (sowohl im Bereich der Pantomime als auch der Imitation) bei Schlaganfällen der LH und der RH, *wenn* für den Einfluss des Alters und des sprachlichen Funktionsniveaus kontrolliert wird. Hierbei konnte die in der Literatur beschriebene Bedeutung der rechten Hemisphäre für die Imitation von Fingergesten [16, 17, 22] durch die aktuellen Ergebnisse bestätigt werden.

Während bei den vorliegenden Daten ein relativ homogener Einfluss des Alters auf alle Apraxietests evident ist, berichtet eine Studie mit 776 Schlaganfall-Patienten eine höhere Prävalenz von Apraxien mit steigendem Alter bei manuellen, aber nicht bei oralen Gesten [11]. In einer anderen groß angelegten Vorarbeit wurden mit zunehmendem Alter nicht mehr Patienten mit Apraxie beobachtet [10].

Unabhängig von der geschädigten Hemisphäre war in der untersuchten Patientenpopulation die Pantomime schwerer betroffen als die Imitation. Mit zunehmenden sprachlichen Auffälligkeiten reduzierte sich die Imitations-, aber vor allem die Pantomime-Leistung beider Patientengruppen.

Die aktuellen Befunde, dass Pantomimedefizite stärker als Imitationsdefizite ausgeprägt und enger mit sprachlichen Auffälligkeiten assoziiert sind, sind kongruent mit vielen Vorarbeiten [12, 14, 23–25]. Eine intensivere Beteiligung des semantischen Systems an der Pantomime als Repertoire bedeutungsvoller Gesten kommt für den zweiten Punkt als eine der Ursachen infrage [5].

Im Hinblick auf die Effektoren fielen spezifische Beeinträchtigungen der Patienten mit Schlaganfällen der RH bei den bukkofazialen Gesten auf. Das Ergebnis steht im Einklang mit den Untersuchungen zur bukkofazialen Imitation von Bizzozero et al. [6]. Dort wiesen Patienten nach einem Schlaganfall der LH mehr Apraxien der unteren (68 %) als der oberen (46 %) Gesichtshälfte auf, wohingegen bei Patienten nach Schlaganfällen der RH Apraxien der oberen (44 %) gegenüber der unteren (38 %) Gesichtshälfte überwogen. Bei der detaillierten Analyse der in unserer Studie verwendeten KAS-Items im Untertest „Imitation Bukkofazial“ waren Patienten nach Schlaganfällen der RH ebenfalls bei Gesten der oberen Gesichtspartie signifikant schlechter bei Gesten der unteren Gesichtspartie. In einer Folgestudie [28]

postulierten die Autoren ein theoretisches Modell der bukkofazialen Apraxie, das auf der Annahme beruht, dass bukkofaziale Gesten bihemisphärisch in einem verzweigten Netzwerk repräsentiert sind (im Gegensatz zu Arm/Hand-Gesten, die asymmetrisch in der motor-dominanten linken Hemisphäre repräsentiert sind). Bei einer fokalen hemisphärischen Schlaganfallläsion können somit andere links- und rechtshemisphärische Regionen zumindest zum Teil die Verarbeitung bukkofazialer Gesten im Sinne eines Ausgleichsmechanismus aufrechterhalten. Hierbei ist die bihemisphärische Innervation der oberen Gesichtsmuskulatur besonders ausgeprägt. Entsprechend finden sich für Patienten mit links- und rechtshemisphärischen Schlaganfällen in der Literatur ähnliche Prävalenzen für die Apraxie der oberen Gesichtshälfte (LH: 46 %, RH: 44 %, Bizzozero et al. [6]). Durch die hier vorgenommene Kontrolle für Alter und sprachliche Leistungen verschiebt sich aber die Häufigkeit von bukkofazialen Defiziten, sodass nun Patienten mit rechtshemisphärischem Schlaganfall – gerade auch für die obere Gesichtspartie – auffälliger sind.

Die Befunde, dass Patienten mit rechtshemisphärischem Schlaganfall insbesondere bei der Imitation von Fingerkonfigurationen und von bukkofazialen Gesten der oberen Gesichtspartie beeinträchtigt sind, replizieren Vorbefunde [6, 17] und unterstreichen somit die Validität der aktuellen Ergebnisse. Die ausgeprägten Defizite bei der Imitation von Fingerkonfigurationen bei Patienten mit Schlaganfällen der rechten Hemisphäre sprechen für eine relevante Beteiligung räumlich-visueller Verarbeitungsprozesse und des visuellen Arbeitsgedächtnisses bei diesem Gestentyp [15, 16] und der vermehrten Beeinträchtigung der genannten Funktionen nach rechtshemisphärischen Schlaganfällen [27]. Auch wenn dem visuellen Neglect nach rechtshemisphärischen Läsionen eine Bedeutung zugeschrieben wird [30], ist dies zumindest nicht die ausschließliche Ursache [28]. Nach Kontrolle des Einflusses von Alter und sprachlicher Leistung ist von einer relevanten Anzahl apraktischer Patienten mit einem Schlaganfall der RH auszugehen, sodass zum einen diese Einflussfaktoren bei zukünftigen Apraxie-Studien dokumentiert und berücksichtigt werden sollten, zum anderen in der Rehabilitation nach rechtshemisphärischem Schlaganfall auch eine Diagnostik (und ggf. Behandlung) apraktischer Defizite erfolgen sollte.

Des Weiteren wird durch die hier nochmals bestätigte enge Verknüpfung von Praxis und Sprache eine Notwendigkeit zum Einsatz nonverbaler Materialien und Instruktionen bei Apraxie-Testungen betont. Eine ausreichende Expositionszeit und Anzahl von Beispiellitems erscheint zur Sicherung der Validität vielversprechend. Bei der Testung auf Störungen der Pantomime des Objektgebrauchs ist es aber besonders schwierig, den Einfluss von sprachlicher Leistung bzw. sprachlicher Defizite auf die Pantomime-Leistung zu reduzieren. Im Hinblick auf die Test-Stimuli ist eine Präsentation der tatsächlichen Objekte bei der Pantomime des Objektgebrauchs vorstellbar. Dadurch erhöht sich der Aufforderungscharakter, jedoch ist sicherzustellen, dass der Patient den Objektgebrauch nur pantomimisch darstellt und nicht tatsächlich durchführt, indem er die Objekte in die Hand nimmt. Als alternative Antwortoption ist statt einer aktiven Pantomime-Bewegung eine Zuordnung der Objekt-Stimuli zu Bildmaterial, das entweder die zum Objekt passende Handlung (z.B. hämmern) oder den zum Objekt passenden Gegenstand (z.B. Nagel)

zeigt, denkbar [29], wobei hier, genau genommen, die Gestenerkennung, jedoch nicht die Durchführung geprüft wird.

Die Aussagekraft der aktuellen Untersuchung wird durch einige Punkte eingeschränkt. Leider ist es nicht gelungen, vergleichbare Neglect-Testungen für alle Patienten zu erhalten. Hierbei ist anzumerken, dass Zusammenhänge zwischen Neglect (-schwere) und Fingerimitation bei rechtshemisphärischen Schlaganfällen bereits beschrieben wurden [15,16]. Ebenso wurde in der aktuellen Studie die qualitative und quantitative Ausprägung von weiteren kognitiven Defiziten und damit deren mögliche Auswirkungen auf apraktische Symptome nicht systematisch erfasst [vgl. 11]. Dabei spielten unterschiedliche klinische Standards der beteiligten Institutionen eine Rolle. Schließlich lagen nur unzureichende Bildgebungsdaten bzw. Daten zur Schlaganfallschwere vor, sodass diese in der aktuellen Untersuchung nicht ausreichend berücksichtigt werden konnten. Dies wird aber für künftige Studien als notwendig erachtet.

Take home message

1. Nach Kontrolle der Einflussfaktoren Alter und Sprachleistung findet sich eine relevante Anzahl apraktischer Patienten nach rechtshemisphärischen Schlaganfällen.
2. Patienten mit Schlaganfällen der rechten Hemisphäre machen vor allem bei der Imitation von Fingerkonfigurationen und bukkofazialen Gesten, insbesondere bei Gesten der oberen Gesichtspartie, apraktische Fehler.
3. Unabhängig von der geschädigten Hemisphäre wirken sich hohes Alter und vor allem sprachliche Auffälligkeiten auf alle Praxis-Tests negativ aus, wobei die Beeinträchtigung sprachlicher Funktionen die Pantomime des Objektgebrauchs stärker als die Imitation beeinflusst.

Interessenkonflikt

Gereon Fink, Elke Kalbe, Josef Kessler und Peter Weiss-Blankenhorn erhalten Autorenhonorare vom Hogrefe-Verlag für den KAS, der als Screening-Instrument für Patienten mit linkshemisphärischer Ischämie entwickelt wurde.

Literatur

- [1] Dovern A, Fink GR, Weiss PH. Diagnostik und Therapie der Gliedmaßenapraxie. *Fortschr Neurol Psychiatr* 2011; 79 (6): 345–357
- [2] Poeck K. The clinical examination for motor apraxia. *Neuropsychologia* 1986; 24 (1): 129–134
- [3] Biełkiewicz MMN, Brandi M-L, Goldenberg G et al. The tool in the brain: Apraxia in ADL. Behavioral and neurological correlates of apraxia in daily living. *Front Psychol* 2014; 5 (353): 1–13
- [4] Goldenberg G. Apraxien. *Aktuelle Neurologie* 2008; 35 (01): 43–48
- [5] Goldenberg GA. *Fortschritte der Neuropsychologie. Apraxien.* (Vol. 10, 1. Aufl.). Thöne-Otto A, Flor H, Gauggel S, Lautenbacher S, Niemann H, Hrsg. Göttingen: Hogrefe; 2011 : 11–15
- [6] Bizzozero I, Costato D, Della Sala S et al. Upper and lower face apraxia: Role of the right hemisphere. *Brain* 2000; 123: 2213–2230
- [7] Wirth K, Held A, Kalbe E et al. A new diagnostic tool for apraxia in patients with right-hemisphere stroke: The revised cologne apraxia screening (KAS-R). *Fortschr Neurol Psychiatr* 2016; 84 (10): 634–640
- [8] Hedden T, Gabrieli JDE. Insights into the ageing mind: A view from cognitive neuroscience. *Nat Rev Neurosci* 2004; 5 (2): 87–96
- [9] Patel MD, Coshall C, Rudd AG et al. Cognitive impairment after stroke: Clinical determinants and its associations with long-term stroke outcomes. *J Am Geriatrics Soc* 2002; 50 (4): 700–706
- [10] Donkervoort M, Dekker J, van den Ende E et al. Prevalence of apraxia among patients with a first left hemisphere stroke in rehabilitation centres and nursing homes. *Clin Rehabil* 2000; 14 (2): 130–136
- [11] Pedersen PM, Jorgensen HS, Kammergaard LP et al. Manual and oral apraxia in acute stroke, frequency and influence on functional outcome: The Copenhagen Stroke Study. *Am J Phys Med Rehabil* 2001; 80 (9): 685–692
- [12] Weiss PH, Ubben SD, Kaesberg S et al. Where language meets meaningful action: A combined behavior and lesion analysis of aphasia and apraxia. *Brain Struct Funct* 2016; 221 (1): 563–576
- [13] De Renzi E, Motti F, Nichelli P. Imitating gestures. A quantitative approach to ideomotor apraxia. *Arch Neurol* 1980; 37 (1): 6–10
- [14] Goldenberg G, Randerath J. Shared neural substrates of apraxia and aphasia. *Neuropsychologia* 2015; 75: 40–49
- [15] Goldenberg G. Defective imitation of gestures in patients with damage in the left or right hemispheres. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1996; 61 (2): 176–180
- [16] Goldenberg G. Matching and imitation of hand and finger postures in patients with damage in the left or right hemispheres. *Neuropsychologia* 1999; 37 (5): 559–566
- [17] Goldenberg G, Strauss S. Hemisphere asymmetries for imitation of novel gestures. *Neurology* 2002; 59 (6): 893–897
- [18] Timpert DC, Weiss PH, Vossel S et al. Apraxia and spatial inattention dissociate in left hemisphere stroke. *Cortex* 2015; 71: 349–358
- [19] Weiss PH, Kalbe E, Kessler J et al. *KAS: Kölner Apraxie Screening.* Göttingen: Hogrefe; 2013
- [20] Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness. The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia* 1971; 9 (1): 97–113
- [21] Kalbe E, Reinhold N, Kessler J. *Kurze Aphasie-Check-Liste (ACL-K).* Kerpen: UCB-Pharma GmbH; 2002
- [22] Achilles EIS, Fink GR, Fischer MH et al. Effect of meaning on apraxic finger imitation deficits. *Neuropsychologia* 2016; 82: 74–83
- [23] Goldenberg G. Pantomime of object use: A challenge to cerebral localization of cognitive function. *Neuroimage* 2003; 20 (Suppl 1): 101–106
- [24] Goldenberg G, Hermsdorfer J, Glindemann R et al. Pantomime of tool use depends on integrity of left inferior frontal cortex. *Cereb Cortex* 2007; 17 (12): 2769–2776
- [25] Heath M, Roy EA, Westwood D et al. Patterns of apraxia associated with the production of intransitive limb gestures following left and right hemisphere stroke. *Brain Cogn* 2001; 46 (1–2): 165–169
- [26] Della Sala S, Maistrello B, Motto C et al. A new account of face apraxia based on a longitudinal study. *Neuropsychologia* 2006; 44 (7): 1159–1165
- [27] Halligan PW, Fink GR, Marshall JC et al. Spatial cognition: Evidence from visual neglect. *Trends in Cognitive Sciences* 2003; 7 (3): 125–133
- [28] Ubben SD, Fink GR, Kaesberg S et al. Deficient allo-centric visuo-spatial processing contributes to apraxic deficits in sub-acute right hemisphere stroke. *J Neuropsychol*; 221 (1): 563–576 2020, im Druck: doi: 10.1111/jnp.12191.
- [29] Rothi LJG, Heilman KM, Watson. Pantomime comprehension and ideomotor apraxia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1985; 48 (3): 207–210
- [30] Goldenberg G, Münsinger U, Karnath H-O. Severity of neglect predicts accuracy of imitation in patients with right hemisphere lesions *Neuropsychologia* 2009; 47 (13): 2948–2952