

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

**(Re-) Organisation
sensomotorischer und sprachlicher
Funktionen nach periventrikulären
Läsionen**

Staudt M

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2007; 8 (4), 7-9

Homepage:

www.kup.at/

JNeurolNeurochirPsychiatr

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Indexed in
EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031117M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-



**Mehr Medizin für Sie.
Fachwissen Neurologie.**

Exklusive Inhalte für Ihr
Fachgebiet.

Einfach anmelden unter
fachkreise.novartis.at

 **NOVARTIS**

(Re-) Organisation sensomotorischer und sprachlicher Funktionen nach periventrikulären Läsionen

M. Staudt

Periventrikuläre Läsionen entstehen im frühen 3. Schwangerschaftsdrittel. Zu dieser Zeit haben aufsteigende thalamo-kortikale sensorische Bahnen ihre kortikalen Projektionsareale noch nicht erreicht, wohingegen absteigende kortikospinale motorische Bahnen bereits in ihren spinalen Zielgebieten angelangt sind. Deshalb können auswachsende thalamo-kortikale sensorische Bahnen eine periventrikuläre Läsion noch umgehen, wohingegen kortikospinale motorische Bahnen oft von der Schädigung erfaßt werden. Allerdings führen (unilaterale) Schädigungen kortikospinaler Projektionen zum Persistieren von an sich passager angelegten ipsilateralen Projektionen aus der intakten Hemisphäre, über die diese dann die motorische Kontrolle über eine paretische Extremität übernehmen kann. Diese Phänomene wurden für sensomotorische Handfunktionen mittels transkranieller Magnetstimulation, fMRT, Magnetoenzephalographie und MR-Diffusion-Tensor-Traktographie gezeigt.

In ähnlicher Weise zeigt Sprache (nach linksseitigen Läsionen) eine interhemisphärielle Reorganisation produktiver Sprachfunktionen in homotope Areale der kontraläsionellen rechten Hemisphäre, bei unverändert schwach linkslateralisierter fMRT-Aktivierung für perzeptive Sprachfunktionen. Als möglicher Auslöser für diese Reorganisation wurde eine periventrikuläre Schädigung linkshemisphärischer fazial-motorischer Projektionen identifiziert.

Damit reorganisieren in beiden Systemen die „afferenten“ Komponenten (Sensorik der Hand/Sprachperzeption) intrahemisphäriell (= perilesionell), wohingegen die „efferenten“ Komponenten (Motorik der Hand/Sprachproduktion) interhemisphäriell und homotop reorganisieren, jeweils wahrscheinlich ausgelöst durch eine Schädigung hand- bzw. gesichtsmotorischer Projektionen. Dabei ist diese interhemisphärielle Reorganisation unterschiedlich effektiv: Reorganisation der Motorik mit ipsilateralen kortikospinalen Bahnen vermittelt eine brauchbare, jedoch stets deutlich beeinträchtigte Handfunktion; Patienten mit rechtshemisphärisch organisierter Sprache besitzen dagegen normale Verbal-IQs.

Schlüsselwörter: Plastizität, Reorganisation, frühere Hirnläsionen, Sensomotorik, Sprache

(Re-) Organization of Sensorimotor and Language Functions After Periventricular Brain Lesions. Periventricular lesions are acquired during the early 3rd trimester of pregnancy. At this time, ascending thalamo-cortical sensory fibers have not yet reached their cortical projection areas, whereas descending cortico-spinal projections have already reached their spinal target zones. Thus, outgrowing thalamo-cortical sensory fibers can still bypass a periventricular lesion, whereas cortico-spinal motor tracts are often directly damaged. Unilateral lesions, however, can induce an inhibition of the withdrawal of ipsilateral projections from the contra-lesional hemisphere, which can thus take over the motor control over the paretic extremity. These phenomena could be demonstrated by means of transcranial magnetic stimulation, fMRI, magnetoencephalography, and MR diffusion tensor tractography.

Similarly, in the language system, left-sided periventricular lesions induce an inter-hemispheric reorganization of productive components into homotopic areas of the contra-lesional right hemisphere, whereas fMRI activation during perceptive language tasks shows an unchanged weak left-lateralization. As a possible trigger for this reorganization of language (despite intact cortical language areas in the left hemisphere!), we identified structural damage to facial motor tracts in the periventricular white matter.

Thus, in both systems, the “afferent” components (sensory hand functions/speech perception) reorganize intra-hemispherically (= peri-lesionally), whereas the “efferent” components (motor hand functions/speech production) reorganize inter-hemispherically and homotopically, probably triggered by periventricular damage to hand and facial motor projections, respectively. Interestingly, the two systems differ in their efficacy of inter-hemispheric reorganization: a paretic hand controlled via ipsilateral cortico-spinal projections is always markedly impaired, whereas patients with right-hemispheric speech possess normal verbal IQ scores. *J Neurol Neurochir Psychiatr* 2007; 8 (4): 7–9.

Key words: plasticity, reorganization, early brain lesions, sensorimotor, language

Läsionen der periventrikulären weißen Substanz eignen sich in idealer Weise zur Untersuchung von Reorganisationsvorgängen im sich entwickelnden menschlichen Gehirn. Gründe hierfür sind der relativ umschriebene Entstehungszeitraum (etwa 24.–36. Schwangerschaftswoche [1]), die mit solchen Läsionen einhergehende strukturelle Schädigung langer Projektionsbahnen in der periventrikulären weißen Substanz sowie die (zumindest makroanatomische) Integrität kortikaler Hirnstrukturen. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die nach unilateralen periventrikulären Läsionen ablaufenden Kompensations- und Reorganisationsprozesse im sensomotorischen System und für Sprachfunktionen.

Reorganisation des sensomotorischen Systems

Auch relativ umschriebene periventrikuläre Läsionen können bei „strategisch“ ungünstiger Lage zu einer Unterbrechung der normalen kreuzenden Projektionen der Pyramidenbahn (Tractus corticospinalis) führen [2]. Dabei

tritt die Schädigung zu einer Zeit ein, in der jede Hemisphäre noch über bilaterale kortikospinale Projektionen, also Projektionen zu beiden Körperhälften, verfügt [3], und in der die Synaptogenese der kortikospinalen Axone mit den spinalen Zielzellen (insbesondere mit Alpha-Motoneuronen) stattfindet [4].

Durch eine unilaterale Schädigung dieser axonalen Bahnen während dieser Periode der Hirnreifung entsteht im spinalen Zielgebiet der kreuzenden Bahnen aus der betroffenen Hemisphäre (also in der später paretischen Körperhälfte) ein „Aktivitätsübergewicht“ von an sich transitorisch angelegten ipsilateralen Bahnen aus der kontraläsionellen Hemisphäre. Dieses Aktivitätsübergewicht der ipsilateralen Bahnen bedingt, daß deren Rückbildung unterbleibt [3]. Somit kann im ausgereiften Zustand die zur geschädigten Hemisphäre kontralaterale, also paretische Hand über persistierende ipsilaterale kortikospinale Bahnen aus der kontraläsionellen Hemisphäre angesteuert werden (Abb. 1 oben). Solche ipsilateralen Projektionen können nicht-invasiv mit Hilfe der transkraniellen Magnetstimulation (TMS) nachgewiesen werden [2].

Untersucht man nun solche Patienten mit periventrikulären Läsionen, die ihre paretische Hand über ipsilaterale kortikospinale Projektionen aus der kontraläsionellen Hemisphäre ansteuern, mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) während aktiver Bewegungen der paretischen Hand, erkennt man regelhaft neben der

Aus der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Abteilung für Neuropädiatrie, Entwicklungsneurologie, Sozialpädiatrisches Zentrum, Universität Tübingen

Korrespondenzadresse: PD Dr. med. Martin Staudt, Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Abteilung für Neuropädiatrie, Entwicklungsneurologie, Sozialpädiatrisches Zentrum, D-72076 Tübingen, Hoppe-Seyley-Straße 1; E-Mail: martin.staudt@med.uni-tuebingen.de

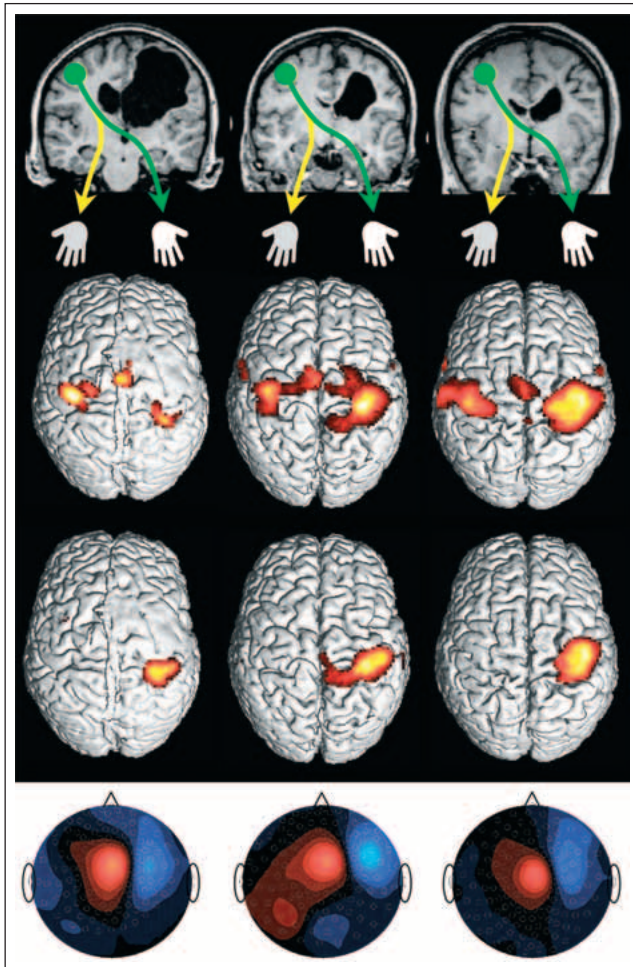


Abbildung 1: Sensomotorische (Re-) Organisation bei drei Patienten mit unilateralen periventriculären Läsionen. Oben: Koronare T1-gewichtete MRT zur Darstellung der Läsionen, die zu einer Unterbrechung der kreuzenden kortikospinalen Bahn aus der geschädigten Hemisphäre geführt hatten. Die motorische Reorganisation erfolgt durch die kontraläsionelle Hemisphäre, die bei diesen Patienten zusätzlich zur normalen kreuzenden Projektion zur nicht-paretischen Hand (grün) noch über ipsilaterale Projektionen (gelb) verfügt, die eine Ansteuerung der paretischen Hand (grau) durch die kontraläsionelle Hemisphäre ermöglichen. Mitte: Funktionelle MRT während aktiver (Mitte oben) und passiver (Mitte unten) Bewegung der paretischen Hand. Unten: Dipol-Maps von somatosensorisch evozierten Feldern in der Magnetoenzephalographie, hervorgerufen durch taktile Stimulation des paretischen Daumens. Blau = eintretender Strom, rot = austretender Strom; Darstellung in Ansicht von oben. Mod. nach [5] mit Genehmigung von Walters Kluwer.

Aktivierung der Zentralregion der kontraläsionellen Hemisphäre (= ipsilateral; entsprechend der reorganisierten primärmotorischen Repräsentation der paretischen Hand) auch eine oft massive Aktivierung im Bereich der Zentralregion der geschädigten Hemisphäre (= kontralateral) (vgl. Abb. 1 Mitte oben) – trotz des Fehlens von kortikospinalen motorischen Projektionen aus diesen Hirnarealen [2, 6].

Eine ähnliche Aktivierung der Zentralregion der geschädigten Hemisphäre kann durch passive Bewegung der paretischen Hand dieser Patienten hervorgerufen werden (Abb. 1 Mitte unten). Dies suggeriert eine Verarbeitung somatosensorischer Informationen aus der paretischen Hand in dieser Hirnregion – entsprechend einer Hypothese von Thickbroom und Mitarbeitern, die diese Beobachtung erstmals beschrieben [7].

Allerdings reicht die zeitliche Auflösung der fMRT nicht aus, um die Frage zu beantworten, ob diese Aktivierung

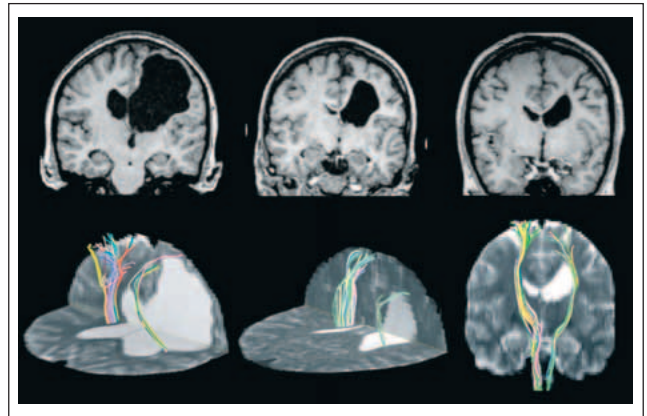


Abbildung 2: Reorganisation somatosensorischer Projektionsbahnen. Oben: Koronare T1-gewichtete MRT zur Darstellung der Läsionen. Unten: MR-Diffusion-Tensor-Traktographie afferenter Projektionsbahnen zu beiden Zentralregionen (erste Seed-Region: Tegmentum pontis; zweite Seed-Region: subkortikales Marklager der Zentralregionen). Darstellung in Zufallsfarben, überlagert auf orthogonale axiale und koronare Schnitte des ungewichteten ($b = 0 \text{ s/mm}^2$) Diffusionsbildes. Bei allen drei Patienten erreichen somatosensorische afferente Projektionen aus dem Hirnstamm (Lemniscus medialis) die Zentralregion der geschädigten Hemisphäre unter Umgehung der periventriculären Läsionen. Mod. nach [5] mit Genehmigung von Walters Kluwer.

in der Zentralregion der geschädigten Hemisphäre tatsächlich auch die primär-somatosensorische Repräsentation der paretischen Hand beinhaltet. Für die Beantwortung dieser Frage setzten wir zur Ableitung von somatosensorisch evozierten Feldern (SEF) nach taktile Stimulation des paretischen Daumens die Magnetoenzephalographie ein. Tatsächlich konnte bei allen Patienten gezeigt werden, daß die erste kortikale Antwort auf einen derartigen taktilen Reiz in der Zentralregion der geschädigten Hemisphäre mit einer normalen Latenz (um 20 ms) erfolgt. Dadurch konnte zweifelsfrei gezeigt werden, daß die primär-somatosensorische Repräsentation der paretischen Hand auch bei Patienten mit ausgedehnten periventriculären Läsionen in der Zentralregion der geschädigten Hemisphäre verbleibt. Demnach muß dieses kortikale Areal von intakten aufsteigenden spino-thalamo-kortikalen Projektionen erreicht werden – offenbar unter Umgehung auch ausgedehnter geschädigter Bezirke in der periventriculären weißen Substanz [5].

Die Möglichkeit zur Ausbildung solcher „Umgehungen“ findet ihre Erklärung in embryologischen Daten zur Entwicklung afferenter Projektionen: Zum Zeitpunkt der periventriculären Schädigungen haben aus dem Thalamus ausprossende afferente Projektionen ihr kortikales Zielgebiet noch nicht erreicht [8], sodaß sie in ihrer weiteren Entwicklung auf periventriculäre Schädigungen „reagieren“ können und so ihr kortikales Zielgebiet entlang alternativer Routen erreichen können.

Solche „Umgehungen“ der periventriculären Läsionen durch spino-thalamo-kortikale Faserbündel konnten für die hier vorgestellten Patienten in der Tat auch mittels MR-Diffusion-Tensor-Traktographie visualisiert werden (Abb. 2).

Zusammengefaßt konnte für die Reorganisation des sensorischen Systems nach unilateralen periventriculären Läsionen gezeigt werden, daß motorische Funktionen interhemisphäriell und homotop, somatosensorische Funktionen hingegen intrahemisphäriell durch Ausbildung axonaler „Umleitungen“ (re-) organisieren.

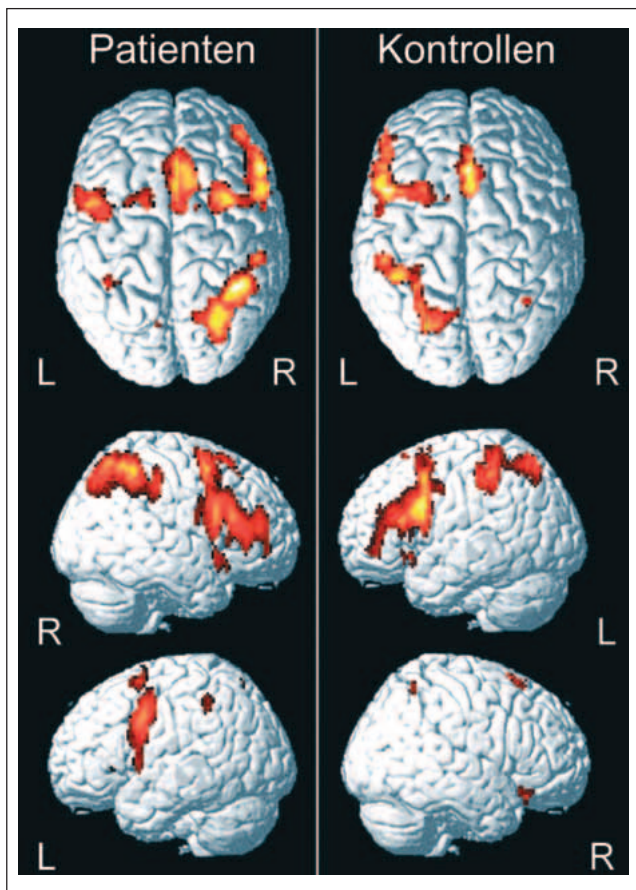


Abbildung 3: Topographie rechts-hemisphärischer Sprachorganisation nach linksseitigen periventrikulären Läsionen. SPM99-fixed-effect-Analyse von fünf Patienten mit linksseitigen periventrikulären Läsionen und überwiegend rechtshemisphärischer Aktivierung während einer Wortgenerierungsaufgabe (links) und von fünf gesunden Rechtshändern (rechts). Nachdruck aus [10] mit Genehmigung von Elsevier.

Reorganisation von Sprache

Für linksseitige periventrikuläre Läsionen konnte gezeigt werden, daß – trotz makro-anatomischer Integrität kortikaler Sprachareale – solche Schädigungen dennoch die Organisation von Sprache beeinflussen. Es kommt hierbei zu einer Verlagerung von produktiven Sprachfunktionen in die kontraläsionelle rechte Hemisphäre [9]. Dabei korreliert das Ausmaß der rechtshemisphärischen Rekrutierung mit der Schwere der strukturellen Schädigung fazial-motorischer (und damit für die Artikulation essentieller) Projektionen [9].

Betrachtet man die Topographie von Sprachaktivierung bei Patienten mit läSIONSINDUZIERTER rechtshemisphärischer Sprachorganisation [10], so erkennt man eine erstaunliche Symmetrie (Abb. 3): Offenbar liegen die rechtshemisphärischen Hirnregionen, die für die Sprachverarbeitung bei solchen Patienten rekrutiert werden, exakt homotop zu den „normalen“ Sprachregionen gesunder Rechtshänder [10].



PD Dr. med. Martin Staudt

Jahrgang 1968, Medizinstudium an der Universität Regensburg und der Technischen Universität München, dort Facharzt Ausbildung für Pädiatrie (ab 1994) sowie Promotion (1996). Ab 1999 Forschungstätigkeit zur Reorganisation nach frühen Hirnläsionen (u. a. im Rahmen des SFB 550 der DFG) und weitere klinische Ausbildung an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen, 2004 Facharzt, 2005 Oberarzt, 2006 Habilitation.

Im Gegensatz zu den produktiven Sprachkomponenten konnte für die perceptiven Komponenten kein Hinweis auf Reorganisation gefunden werden; hier blieb die variable Links-Asymmetrie der fMRT-Aktivierung während einer Sprachperzeptionsaufgabe erhalten [9].

Zusammenfassung: Vergleich von Sensomotorik und Sprache

Frühe unilaterale Hirnläsionen können in beiden Systemen, Sensomotorik und Sprache, zu einer interhemisphärischen Reorganisation von produktiven/effizienten Komponenten (Motorik, Sprachproduktion) in homotope Areale der kontraläsionellen Hemisphäre führen.

Die perceptiven/afferenten Komponenten (Somatosensorik, Sprachperzeption) verbleiben hingegen in der geschädigten Hemisphäre, wobei das sich entwickelnde Gehirn in der Lage ist, auch ausgedehnte Schädigungen der weißen Substanz durch aussprossende afferente Projektionen zu „umgehen“.

Trotz dieser erstaunlichen Parallelen zwischen beiden Systemen in ihren Kompensationsmechanismen besteht ein wesentlicher Unterschied im funktionellen Outcome: Patienten mit rechtshemisphärischer Sprachorganisation aufgrund ausgedehnter linkshemisphärischer Läsionen entwickeln in aller Regel normale Sprachfunktionen [10, 11], wohingegen eine durch ipsilaterale motorische Projektionen angesteuerte Hand offenbar immer eine deutliche funktionelle Beeinträchtigung aufweist [6].

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (SFB 550-C4) und die Eberhard-Karls-Universität Tübingen (Fortüne 584-0 und 865-0).

Literatur:

1. Krägeloh-Mann I. Imaging of early brain injury and cortical plasticity. *Exp Neurol* 2004; 90: S84–S90.
2. Staudt M, Grodd W, Gerloff C, Erb M, Stitz J, Krägeloh-Mann I. Two types of ipsilateral reorganization in congenital hemiparesis: a TMS and fMRI study. *Brain* 2002; 125: 2222–37.
3. Eyre JA, Miller S, Clowry GJ, Conway EA, Watts C. Functional corticospinal projections are established prenatally in the human foetus permitting involvement in the development of spinal motor centres. *Brain* 2000; 123: 51–64.
4. Eyre JA, Taylor JP, Villagra F, Smith M, Miller S. Evidence of activity-dependent withdrawal of corticospinal projections during human development. *Neurology* 2001; 57: 1543–54.
5. Staudt M, Braun C, Gerloff C, Erb M, Grodd W, Krägeloh-Mann I. Developing somatosensory projections bypass periventricular brain lesions. *Neurology* 2006; 67: 522–5.
6. Staudt M, Gerloff C, Grodd W, Holthausen H, Niemann G, Krägeloh-Mann I. Reorganization in congenital hemiparesis acquired at different gestational ages. *Ann Neurol* 2004; 56: 854–63.
7. Thickbroom GW, Byrnes ML, Archer SA, Nagarajan L, Mastaglia FL. Differences in sensory and motor cortical organization following brain injury early in life. *Ann Neurol* 2001; 49: 320–7.
8. Kostovic I, Judas M. Correlation between the sequential ingrowth of afferents and transient patterns of cortical lamination in preterm infants. *Anat Rec* 2002; 267: 1–6.
9. Staudt M, Grodd W, Niemann G, Wildgruber D, Erb M, Krägeloh-Mann I. Early left periventricular brain lesions induce right hemispheric organization of speech. *Neurology* 2001; 57: 122–5.
10. Staudt M, Lidzba K, Grodd W, Wildgruber D, Erb M, Krägeloh-Mann I. Right hemispheric organization of language following early left-sided brain lesions: functional MRI topography. *NeuroImage* 2002; 16: 954–67.
11. Muter V, Taylor S, Vargha-Khadem F. A longitudinal study of early intellectual development in hemiplegic children. *Neuropsychologia* 1997; 35: 289–98.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)