

Institut für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie

■ Direktor: Prof. Dr. Heinrich Lanfermann

Tel.: 0511-532/6655 • E-Mail: neuroradiologie@mh-hannover.de • www.mh-hannover.de/neuroradiologie.html

■ Keywords: Spektroskopische Bildgebung des gesamten Gehirns; Erforschung an Neurometabolismus wbMRSI; Untersuchungen, wbMRSI-Verfahren; MR Methoden

Forschungsprofil

Im Institut für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie werden quantitative MR-Methoden entwickelt und evaluiert, die physikalische Messparameter zerebraler Pathologien unter standardisierten Bedingungen erfassen und damit eine exaktere Beurteilung insbesondere bei Verlaufsuntersuchungen ermöglichen. Diese neuen MR-Messverfahren wurden u. a. auf einem präklinischen 7T-MR-Tomographen implementiert und getestet.

Mikrostrukturelle Veränderungen können durch MR-Prototypsequenzen, u. a. Erfassung der sog. Diffusions-Kurtosis, analysiert werden (Dr. P. Raab). Diese neue Technologie liefert insbesondere für die Graduierung von Gliomen in vivo wesentliche Informationen. Im Rahmen der Schlaganfalldiagnostik wird diese Technologie zur Detektion mikrostruktureller Schädigungsmechanismen und eventueller prognostischer Rückschlüsse bezüglich der Reversibilität der Schädigung evaluiert. Ein weiteres Projekt wird im Rahmen des IFB-Tx (BMBF) realisiert und befasst sich mit mikrostrukturellen und metabolischen Hirnveränderungen bei Patienten mit Lebererkrankungen. Zudem werden Diffusionstechniken zur prognostischen Einordnung von zerebralen Blutungen genutzt (Li N, ... Raab P; Stroke 2013). Unter der Federführung von Frau Prof. Dr. Dr. Ding wird zur Erforschung des zerebralen Energie-Stoffwechsels die 31P-MR-Spektroskopie aufgebaut. Ein weiteres wichtiges MR-Verfahren für die neurowissenschaftlichen Forschung ist die funktionelle MR-Bildgebung (fMRT). In Kooperation (Frau Dr. D. Wittfoth-Schardt) insbesondere mit den Kliniken für Neurologie und Psychiatrie betreut die fMRT-Arbeitsgruppe „NICA-Hannover“ (NeuroImaging and Clinical Applications) interdisziplinäre klinische und grundlagenorientierte Kooperationsprojekte z. B. zur Beurteilung von Funktionseinschränkungen bei zerebralen Erkrankungen oder Erfassung des Einflusses von Oxytocin auf junge Väter (Wittfoth-Schardt D et al.). Von aktuell besonderem Interesse sind zudem Aktivierungsmuster (Resting state) von Patienten mit Hörverlust vor Cochlear Implant. Frau Dr. Giesemann charakterisiert im Rahmen mehrerer Teilprojekte die typischen Muster verschiedener Innenohrfehlbildungen (s. Forschungsbericht 2011) und setzt dabei u. a. lokal hochauflösende Hochfeld-MR-Techniken des Innenohres und der Hörnerven ein.

Frau Dr. Bültmann bearbeitet in Kooperation mit Frau Prof. Radtke von der PHW ein zukunftsweisendes Projekt zur Erfassung der Nervenregeneration in vivo unter Einsatz des präklinischen 7T MR-Scanners. Dieses Projekt erhält eine hochschulinterne Leistungsförderung (HiLF).

Frau Prof. Dr. Dr. Ding, Leiterin der Experimentellen Neuroradiologie, konnte durch eine internationale Kooperation ein 1H-Spektroskopie-Verfahren etablieren, das den Metabolismus des gesamten Hirnparenchyms schnell und detailliert (mit einer Voxelgröße von 1ml) misst. Die Implementierung der dafür erforderlichen komplexen Auswertesoftware MIDAS ist, gefördert von der DFG, interaktiv mit Wissenschaftlern der ebenfalls mit uns kooperierenden Johns Hopkins-Universität erfolgt. Mit unserer tatkräftigen Beteiligung ist dieses neueste Verfahren auch für die sogenannte Kurzecho-Spektroskopie (Echozeiten unter 20ms) adaptiert und optimiert worden. Damit können zusätzlich und zurzeit exklusiv an der MHH exzitatorische Neurotransmitter (Glx) und Entzündungsmarker wie Myo-Inositol im gesamten Gehirn gemessen werden. Zudem werden quantitative MR-Methoden entwickelt und evaluiert, die physikalische/gewebeeigene Messparameter unter standardisierten Bedingungen erfassen und damit eine exaktere Beurteilung insbesondere bei Verlaufsuntersuchungen von Degenerationen und Entzündungen ermöglichen.

Erste Ergebnisse des neuen 1H-Spektroskopie-Verfahren werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

Forschungsprojekte

Spektroskopische Bildgebung des gesamten Gehirns - Ein wertvolles Werkzeug für die Erforschung an Neurometabolismus

Einleitung

Die ¹H-Magnetresonanzspektroskopie (1H-MRS) ermöglicht in vivo und nichtinvasiv die Detektion zerebraler Metaboliten und ist damit eine wichtige Methode zur Erforschung des zentralen Nervensystems. Die messbaren Metaboliten sind u. a. Marker für den Energiestoffwechsel und Entzündungen. Auch Neurotransmitter können direkt erfasst werden. So ist N-Acetyl-Aspartat (NAA) ein Marker für Integrität von neuronalem Gewebe, Cholin (Cho) ein Marker des Membran-phospholipid-metabolismus, das gesamte Kreatin (tCr) ein Marker für den Energiemetabolismus, Myo-Inositol (ml) ein Marker für die Gliose und ein Osmolyt sowie Glutamin/Glutamat (Glx) wichtige Neurotransmitter. Bisher waren kommerziell verfügbare 1H-MRS-Techniken, wie die Single-Voxel-Spektroskopie (SVS) und das Chemical-Shift-Imaging (CSI) nicht in der Lage, die Metaboliten-Verteilungen im gesamten Gehirn zu detektieren. Es wurde jeweils nur ein umschriebener Teil des Gehirns erfasst bei relativ langer Untersuchungszeit. Durch diese Limitationen wurde der Einsatz der Spektroskopie eingeschränkt. Entsprechend sind systematische MRS-Untersuchungen, z. B. von Alterungsprozessen des gesamten gesunden Gehirns, nur selten durchgeführt worden. Zahlreiche Arbeitsgruppen haben intensive Anstrengungen unternommen, neue MRS-Techniken zu entwickeln und damit diese Einschränkungen zu beheben (Ebel et al. 2000; Dydak et al. 2003; Maudsley et al. 2006; Gu et al. 2008; Doelken et al. 2009; Maudsley et al. 2009; Sabati et al. 2014). Mit Unterstützung der DFG war es uns möglich, internationale Kooperationen mit weltweit in der MRT-Technologie-Entwicklung führenden Wissenschaftlern aufzubauen, und ein neuartiges Ganzhirn-¹H-Magnetresonanz-spektroskopie-Bildgebungsverfahren (wbMRSI) erstmalig im Institut für Neuroradiologie der MHH zu etablieren. Hiermit gelingt es, die Metabolitenkarten von NAA, Cho, tCr, ml und Glx des gesamten Gehirns mit einer Auflösung von 1 ml Volum voxel zu erstellen. Die Konzentration dieser Metaboliten kann von jedem interessierenden Hirnareal analysiert und bestimmt werden. Nachfolgend werden erste Ergebnisse einer In-vivo-Studie mittels wbMRSI am gesunden menschlichen Gehirn vorgestellt.

Methoden

wbMRSI Untersuchungen: Vierzehn gesunde freiwillige Probanden, 8 Männer (M02, M05, M07, M14, M15, M17, M11, M00) im Alter von 26 ± 3 Jahren und 6 Frauen (F001, F004, F006, F008, F009, F010) im Alter von 23 ± 1 Jahren, wurden mit wbMRSI untersucht. Alle Untersuchungen wurden am 3T MR-Gerät Verio (Siemens, Erlangen) durchgeführt. Das Scan-Protokoll beinhaltet eine EPSI-Sequenz mit einer kurzer Echozeit (TE=17,6 ms; EPSI: echoplanar spectroscopic imaging) für die wbMRSI, wobei ein zusätzlicher Scan ohne Wasserunterdrückung aufgenommen wurde - dieser dient als Referenz für die Metaboliten-Konzentration, und eine 3D MPRAGE Sequenz als Anatomie-Referenz. Um die wbMRSI mit konventioneller SVS zu vergleichen, wurden bei einem Probanden zwei SVS-Spektren (TE=20ms) gewonnen, mit einem 4ml Voxel in der weißen Substanz des Zentrum semiovale lokalisiert und einem in der zerebellären WM.

Datenanalyse: Die Rohdaten der wbMRSI wurden auf eine Workstation transferiert und mit dem Softwarepaket MIDAS (Metabolic Imaging and Data Analysis System) ausgewertet: 1) Metaboliten-Maps des gesamten Gehirns jedes Probanden wurden erstellt; 2) Berechnung quantitativer regionaler Metaboliten-Konzentrationen aus den Metaboliten-Maps in (MNI Atlas-definierten) 8 lobaren Hirnarealen sowie im Cerebellum; 3) Bestimmung der Metaboliten-Konzentration an zwei ausgesuchten 4 ml großen „Regions of interest (ROI)“ in der weißen Substanz des Zentrum semiovale (sWM) sowie im zerebellären WM (Cbl_WM). Die SVS Roh-Daten wurden mit der Software LCmodel analysiert (Provencher 1993), um die Metaboliten-Werte in den jeweiligen Voxeln zu bestimmen.

Statistik: Wegen der geringen Anzahl an Probanden wurde der non-parametrische Mann-Whitney-U-Test angewandt, um einen Vergleich zwischen den Ergebnissen der ROI-Messungen der wbMRSI und der SVS durchzuführen.

Hierfür wurde die Software OriginPro (OriginLab, Northampton, MA) benutzt.

Ergebnisse

Aus den wbMRI Roh-Daten wurden Metaboliten-Maps (NAA, Cho, tCr, ml, Glx) des gesamten Gehirns für alle Probanden erstellt. Als Beispiel zeigt die Abbildung 1. die entsprechenden Maps von einem Probanden: NAA-Map, tCho-Map, tCr-Map, ml-Map sowie Glx-Map.

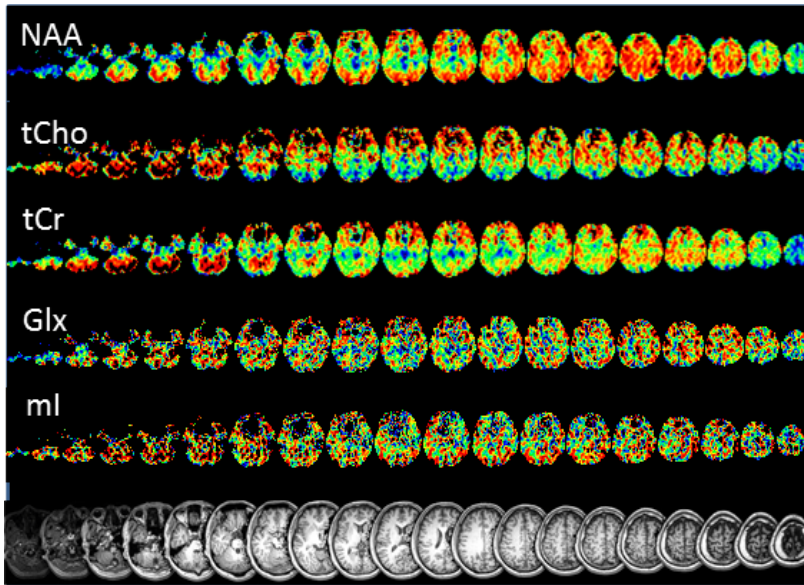


Abb. 1: Metaboliten-Maps eines gesunden Probanden (Zeile 1-5) sowie entsprechende anatomische Schnitte, erstellt aus den Roh-Daten der Ganzhirn-Magnetresonananz-spektroskopischen Bildgebung.

wbMRSI example (TR1/TR2/TE=1550/17.6 ms)

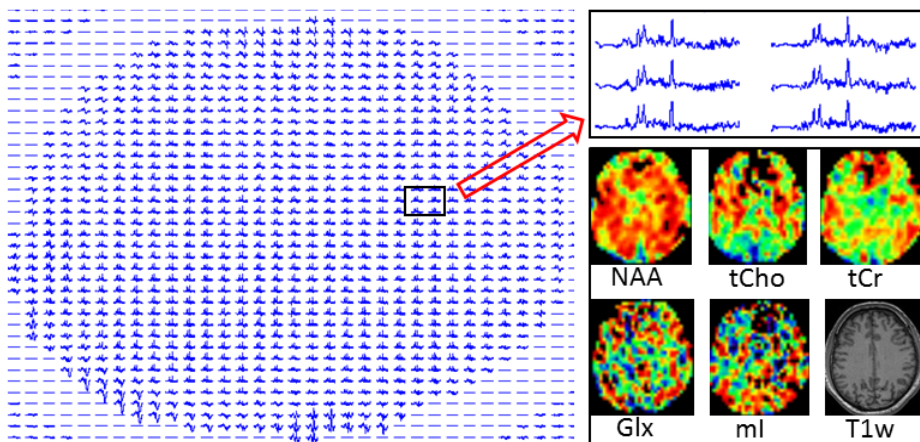


Abb. 2: Spektren einer Schicht in Höhe des Centrum semiovale eines Gesunden: 1) MR Spektren aller Voxel (links); 2) Vergrößerung der Spektren von 6 Voxeln (rechts oben); 3) Entsprechende Metaboliten-Maps und Anatomie (T1w) (rechts unten).

Aus den erstellten Metaboliten-Maps konnten detaillierte MR-Spektren jedes einzelnen Voxels gewonnen und die Metaboliten-Konzentrationen bestimmt werden. Ein Beispiel der Multivoxel-Spektren ist in der Abbildung 2 zu sehen.

MR-Spektren der jeweils 4 ml großen ROI werden in der Abbildung 3 (oben) dargestellt, zusammen mit entsprechenden SVS-Spektren (unten). Der Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass sich die quantitativen Metaboliten-Konzentrationen bestimmt mit beiden Methoden nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p=0.3$).

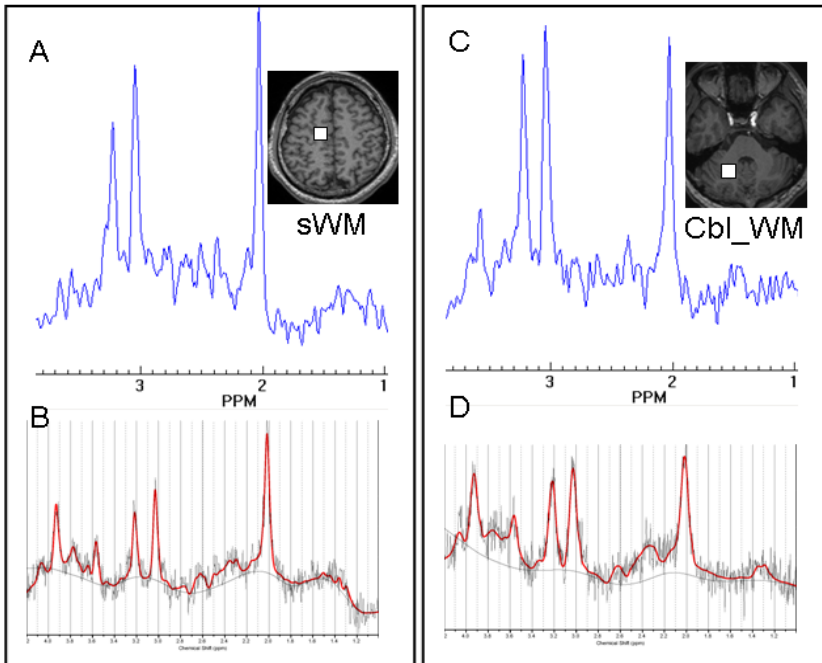


Abb. 3: Vergleich der ROI-Messungen aus den wbMRS-Maps mit den SVS-Ergebnissen

Diskussion

Diese Ergebnisse zeigen, dass es zum ersten Mal möglich ist, die Metaboliten-Verteilungen im gesamten Gehirn, sowohl im Cerebrum als auch im Cerebellum, zu bestimmen. Des Weiteren demonstrieren die Ergebnisse des Vergleichs zwischen den ROI-Messungen aus den wbMRS-Maps und der SVS, dass die wbMRSI eine mit der konventionellen MRS vergleichbare Messqualität aufweist.

Zusammenfassend sind unsere ersten Ergebnisse sehr motivierend. Sie demonstrieren, dass dieses neueste wbMRSI-Verfahren ein wertvolles Werkzeug für die Erforschung des Neurometabolismus werden kann.

Literatur

1. Doelken, M. T., Mennecke, A., Stadlbauer, A., Kloska, S., Struffert, T., Engelhorn, T., Thuerauf, N., Doerfler, A., Stefan, H. and Hammen, T. (2009). „Multi-voxel magnetic resonance spectroscopy of cerebral metabolites in healthy adults at 3 Tesla.“ *Acad Radiol* 16(12): 1493-1501.
2. Dydak, U., Pruessmann, K. P., Weiger, M., Tsao, J., Meier, D. and Boesiger, P. (2003). „Parallel spectroscopic imaging with spin-echo trains.“ *Magn Reson Med* 50(1): 196-200.
3. Ebel, A., Dreher, W. and Leibfritz, D. (2000). „A fast variant of (1)H spectroscopic U-FLARE imaging using adjusted chemical shift phase encoding.“ *J Magn Reson* 142(2): 241-253.
4. Gu, M., Kim, D. H., Mayer, D., Sullivan, E. V., Pfefferbaum, A. and Spielman, D. M. (2008). „Reproducibility study of whole-brain 1H spectroscopic imaging with automated quantification.“ *Magn Reson Med* 60(3): 542-547.

5. Maudsley, A. A., Darkazanli, A., Alger, J. R., Hall, L. O., Schuff, N., Studholme, C., Yu, Y., Ebel, A., Frew, A., Goldgof, D., Gu, Y., Pagare, R., Rousseau, F., Sivasankaran, K., Soher, B. J., Weber, P., Young, K. and Zhu, X. (2006). „Comprehensive processing, display and analysis for in vivo MR spectroscopic imaging.“ NMR Biomed. 19(4): 492-503.
6. Maudsley, A. A., Domenig, C., Govind, V., Darkazanli, A., Studholme, C., Arheart, K. and Bloomer, C. (2009). „Mapping of brain metabolite distributions by volumetric proton MR spectroscopic imaging (MRSI).“ Magn Reson Med 61(3): 548-559.
7. Provencher, S. W. (1993). „Estimation of metabolite concentrations from localized in vivo proton NMR spectra.“ Magn Reson Med 30(6): 672-679.
8. Sabati, M., Zhan, J., Govind, V., Arheart, K. L. and Maudsley, A. A. (2014). „Impact of reduced k-space acquisition on pathologic detectability for volumetric MR spectroscopic imaging.“ J Magn Reson Imaging 39(1): 224-234.

■ Projektleitung: Prof. Dr. Dr. Xiaoqi Ding; Kooperationspartner: Prof. Dr. A. A. Maudsley, Department of Radiology, University of Miami, School of Medicine, FL, USA; Förderung: DFG, partiell

Weitere Forschungsprojekte

Periphere Nervenregeneration - eine in vivo Analyse mittels Hochfeld-MRT (7Tesla)

■ Projektleitung: Bültmann, Eva (Dr.); Kooperationspartner: Radtke, Christine (Prof. Dr.), PHW, Meier, Martin (Dr.) Tierscanner; Förderung: HiLF, MHH

MRS des ZNS: Validation of Whole brain 1H-spectroscopy and 31P-spectroscopy in combination with Quantitative MRI for clinical use

■ Projektleitung: Ding, Xiaoqi (Prof. Dr. Dr.); Kooperationspartner: Maudsley, P. (Prof. Dr.), Wang, Xin (Dr.), University of Miami, Miller; Förderung: MHH

Neurometabolismus im alternden Gehirn des Gesunden

■ Projektleitung: Ding, Xiaoqi (Prof. Dr. Dr.); Kooperationspartner: Maudsley, P. (Prof. Dr.), University of Miami, Miller; Förderung: MHH

Einfluss einer 3tägigen Fastenintervention auf den zentralen Energiestoffwechsel - Eine Studie mit kombinierter Ganzhirn-1H-Spektroskopie und 31P-Spektroskopie

■ Projektleitung: Ding, Xiaoqi (Prof. Dr. Dr.); Kooperationspartner: Kahl, Kai (Prof. Dr.) Psychiatrie; Förderung: MHH

Quantitative MRT und 31P-spektroskopie Untersuchungen bei chronischer Neurotoxizität von Calcineurininhibitoren nach Lebertransplantation (Teilprojekt von IFB II)

■ Projektleitung: Ding, Xiaoqi (Prof. Dr. Dr.); Kooperationspartner: Weissenborn, Karin (Prof. Dr.), MHH; Förderung: IFB II

„Untersuchung der Serotonin-Transporter-Bindung mittels [123I]ADAM SPECT bei Patienten mit Tourette-Syndrom und Zwangserkrankung vor und während der Behandlung mit einem selektiven Serotonin-Wiederaufnahme-Hemmer“

■ Projektleitung: Donnerstag, Frank (Dr.); Kooperationspartner: Berding, Georg (Prof. Dr.), Nuklearmed., Müller-Vahl, Kirsten (Prof. Dr.) Psychiatrie; Förderung: Wirtschaft

Open-Label, 6-12 Months Safety and Efficacy Study of Levodopa - Carbidopa Intestinal Gel in Levodopa-Responsive Subjects with Advanced Parkinson's Disease and Severe Motor-Fluctuations

■ Projektleitung: Donnerstag, Frank (Dr.); Kooperationspartner: Stangel, Martin (Prof. Dr.) Neurologie; Förderung: Wirtschaft

MAG111539: Eine einfach verblindete Studie zur Untersuchung der Sicherheit, Pharmakokinetik und Pharmakodynamik von steigenden wiederholten Dosen von GSK249320 bei Patienten mit ischämischem Schlaganfall.

■ Projektleitung: Donnerstag, Frank (Dr.); Kooperationspartner: Weissenborn, Karin (Prof. Dr.); Förderung: Wirtschaft

„Metabolische und mikrostrukturelle MRT-Bildgebung im Rahmen IFB-Tx „Cognitive function and employment after liver transplantation (OLT)“ „

■ Projektleitung: Raab, Peter (Dr.); Kooperationspartner: Weissenborn, Karin (Prof. Dr.), Neurologie; Förderung: IFB

Magnetresonanztomographie inklusive Magnetresonanz-Spektroskopie und Diffusionstensorbildung bei Multipler Sklerose

■ Projektleitung: Raab, Peter (Dr.), Bültmann, Eva (Dr.); Kooperationspartner: Stangel, Martin (Prof. Dr.), Neurologie; Förderung: Wirtschaft

GENDER - Einflüsse von Genetik und Geschlecht auf die willentliche Emotionsregulation

■ Projektleitung: Wittfoth-Schardt, Dina (Dr.); Kooperationspartner: Walter, Henrik (Prof.), Psychiatrie, Charité Universitätsmedizin Berlin; Förderung: VW-Stiftung, Prof. Walter

Hyperdensität unklarer Ätiologie im CCT nach mechanischer Thrombektomie - Klärung der Entstehung und prognostischen Bedeutung

■ Projektleitung: Dadak, Mete (Dr.); Kooperationspartner: Weissenborn, Karin (Prof. Dr.), Neurologie

Unterschiedliche Methoden des quantitativen Imaging am pädiatrischen Gehirn

■ Projektleitung: Ding, Xiaoqi (Prof. Dr. Dr.), Bültmann, Eva (Dr.); Kooperationspartner: Neuropädiatrie, MHH

VFB - Gesichtsfeldabhängige Verarbeitung von Gesichtsausdrücken bei weiblichen Probanden

■ Projektleitung: Wittfoth-Schardt, Dina (Dr.); Kooperationspartner: Preibisch, Christine (Dr.), Klinikum rechts der Isar, Neuro-Kopf-Zentrum, TU München

CREST - Resting state bei Cochlear Implant - Kandidaten

■ Projektleitung: Wittfoth-Schardt, Dina (Dr.); Kooperationspartner: Sandmann, Pascale, (Prof.) Neurologie

Investigation of early inflammation reaction after intracerebral hemorrhage: relationship to radiological and clinical outcome

■ Projektleitung: Raab, Peter (Dr.); Kooperationspartner: Weissenborn Karin (Prof. Dr.), Wortmann, W. (Dr.), Neurologie

Originalpublikationen

Cole AM, Scherwath A, Ernst G, Lanfermann H, Bremer M, Steinmann D. Self-reported cognitive outcomes in patients with brain metastases before and after radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2013;87(4):705-712

Das AM, Goedecke K, Meyer U, Kanzelmeyer N, Koch S, Illsinger S, Lücke T, Hartmann H, Lange K, Lanfermann H, Hoy L, Ding XQ. Dietary Habits and Metabolic Control in Adolescents and Young Adults with Phenylketonuria: Self-Imposed Protein Restriction May Be Harmful. *JIMD Rep* 2013;DOI: 10.1007/8904_2013_273

Güresir E, Vasiliadis N, Konczalla J, Raab P, Hattingen E, Seifert V, Vatter H. Erythropoietin prevents delayed hemodynamic dysfunction after subarachnoid hemorrhage in a randomized controlled experimental setting. *J Neuro Sci* 2013;332(1-2):128-135

Jacobs C, Walter C, Ziebart T, Grimm S, Meila D, Krieger E, Wehrbein H. Induction of IL-6 and MMP-8 in human periodontal fibroblasts by static tensile strain. *Clin Oral Investig* 2013; DOI: 10.1007/s00784-013-1032-1

Kontorinis G, Goetz F, Giourgias A, Lanfermann H, Lenarz T, Giesemann AM. Aplasia of the cochlea: radiologic assessment and options for hearing rehabilitation. *Otol Neurotol* 2013;34(7):1253-1260

Li N, Liu YF, Ma L, Worthmann H, Wang YL, Wang YJ, Gao YP, Raab P, Dengler R, Weissenborn K, Zhao XQ. Association of molecular markers with perihematomal edema and clinical outcome in intracerebral hemorrhage. *Stroke* 2013;44(3):658-663

Li N, Worthmann H, Heeren M, Schuppner R, Deb M, Tryc AB, Bueltmann E, Lanfermann H, Donnerstag F, Weissenborn K, Raab P. Temporal pattern of cytotoxic edema in the perihematomal region after intracerebral hemorrhage: a serial magnetic resonance imaging study. *Stroke* 2013;44(4):1144-1146

Maslehaty H, Ngando H, Meila D, Brassel F, Scholz M, Petridis AK. Estimated low risk of rupture of small-sized unruptured intracranial aneurysms (UIAs) in relation to intracranial aneurysms in patients with subarachnoid haemorrhage. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(6):1095-100; discussion 1100

Nakamura M, Montibeller GR, Götz F, Krauss JK. Microsurgical clipping of previously coiled intracranial aneurysms. *Clin Neurol Neurosurg* 2013;115(8):1343-1349

Peter C, Wenzlaff P, Krümpelmann J, ALzen G, Bueltmann E, Grüssner S. Perinatal Morbidity and Early Neonatal Mortality in Twin Pregnancies. *OJOG* 2013;3(1):78-89

Reising A, Sambale S, Donnerstag F, Schmidt JJ, Hafer C, Schmidt BM, Kielstein JT. Effect of isovolemic, isothermic hemodialysis on cerebral perfusion and vascular stiffness using contrast computed tomography and pulse wave velocity. *PLoS One* 2013;8(2):e56396

Weissenborn K, Bültmann E, Donnerstag F, Gieseemann AM, Götz F, Worthmann H, Heeren M, Kielstein J, Schwarz A, Lanfermann H, Ding XQ. Quantitative MRI shows cerebral microstructural damage in hemolytic-uremic syndrome patients with severe neurological

symptoms but no changes in conventional MRI. *Neuroradiology* 2013;55(7):819-825

Übersichtsarbeiten

Hussein K, Maecker-Kolhoff B, Donnerstag F, Laenger F, Kreipe H, Jonigk D. Epstein-barr virus-associated smooth muscle tumours after transplantation, infection with human immunodeficiency virus and congenital immunodeficiency syndromes. *Pathobiology* 2013;80(6):297-301

Abstracts

2013 wurden 16 Abstracts publiziert.

Promotionen

Graute, Johannes (Dr. med.): Experimenteller Vergleich der Navigationsgenauigkeit der Flächendetektor-Volumencomputertomographie und der Mehrschicht-Spiral-Computertomographie.

Lichte, Tim Thomas (Dr. med. dent.): Korrelation klinischer und radiologischer Befunde bei orbitalen Komplikationen.

Schlörhauser, Celia (Dr. med.): Realisierung eines webbasierten, interaktiven Leitfadens zur Polytrauma-Diagnostik in der Computertomographie für Weiterbildungsassistenten in der Radiologie.

Werthebach, Harald (Dr. med.): Ist die Verarbeitung von emotionalen und neutralen Gesichtsausdrücken bei weiblichen Probanden vom Gesichtsfeld abhängig?