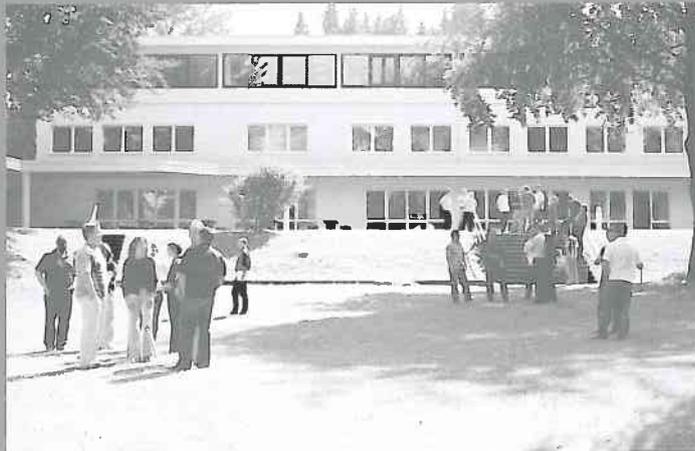


Diskussionspapier Nr. 22



Funktionelles Neuroimaging beim HWS-Schleudertrauma

von Andreas Otte

April 2009

Diskussionspapiere der WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr

<http://www.akad.de/WHL-Diskussionspapiere.191.0.html>

Verfasser:
Andreas Otte*

Herausgeber:
WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr
Hohbergweg 15–17
D-77933 Lahr

Phone +49-(0)7821-9238-50
Fax +49-(0)7821-9238-63

www.whl-lahr.de

- * Prof. Dr. med. Andreas Otte ist Facharzt für Nuklearmedizin, Honorarprofessor am Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Versicherungs- und Gesundheitsökonomik (Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. Tristan Nguyen) und Studiengangsleiter für den Teil Clinical Research des Masterstudiengangs Clinical Research Management der WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr
Hohbergweg 15-17, 77933 Lahr/Schwarzwald
Tel.: +49 7821/9238-69, Fax: +49 7821/9238-63
Mail: andreas.otte@whl-lahr.de.

Funktionelles Neuroimaging beim HWS-Schleudertrauma

Andreas Otte*

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Kurzdarstellung	1
Summary	2
1 Einführung	3
2 Funktionelle Bildgebungsverfahren der Nuklearmedizin	5
3 Funktionelle Veränderungen beim HWS-Schleudertrauma	8
4 Schlussfolgerung	10
Literatur	12

* Prof. Dr. med. Andreas Otte ist Facharzt für Nuklearmedizin, Honorarprofessor am Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/ Versicherungs- und Gesundheitsökonomik (Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. Tristan Nguyen) und Studiengangsleiter für den Teil Clinical Research des Masterstudiengangs Clinical Research Management der WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr.

Zusammenfassung

Das durch Akzelerationskräfte induzierte Halswirbelsäulen-Schleudertrauma wird oft als eine Erkrankung mit intensiver Symptomatologie bei fehlenden objektiven Zeichen angesehen. Zusätzlich zu zervikalen Symptomen treten zerebrale Symptome auf; diese umfassen kognitive Störungen speziell in Konzentrationsvermögen und komplexen Aufmerksamkeitsprozessen, Nystagmus, Schwindel, Tinnitus, Sehstörungen und depressive Verstimmung. Die morphologische bildgebende Diagnostik des Gehirns (Computertomographie oder Magnetresonanztomographie) ist in den meisten Fällen unauffällig. Im Gegensatz dazu zeigt die funktionelle Bildgebung der Nuklearmedizin (wie Single-Photonen-Computer-Tomographie oder Positronen-Emissions-Tomographie) Hinweise auf zerebrale Minderdurchblutung bzw. verminderte Glukoseaufnahme in der parieto-okzipitalen Region. Im Spannungsfeld der andauernden medizinischen wie auch juristischen Diskussion um das Thema des Halswirbelsäulen-Schleudertraumas könnte ein kritischer Ansatz bei der Interpretation dieser neuen Forschungsergebnisse des funktionellen Neuroimagings von einigem Nutzen sein.

Schlüsselwörter: HWS-Schleudertrauma – HWS-Distorsion – zerebrale Symptomatik – SPECT – PET

Kurzdarstellung

Diagnostik des HWS-Schleudertraumas: Das auf verschiedener Ebene kontrovers diskutierte Thema des HWS-Schleudertraumas könnte mit Hilfe neuer nuklearmedizinischer Methoden und Ansätze des funktionellen Neuroimagings relativiert werden. Zumindest aber sollte der behandelnde Arzt darüber informiert sein.

Summary

Whiplash injuries with distortion of the cervical spine induced by acceleration forces are often looked upon as accidents causing extensive symptomatology without the presence of objective findings. Apart from cervical symptoms symptomatology includes cerebral symptoms such as cognitive disturbances especially in concentration and complex attentional processing, nystagmus, dizziness, vertigo, tinnitus, oscillopsia, blurred vision, and depression. Whereas morphological imaging (computed tomography, magnetic resonance imaging) of the brain is in most cases inconspicuous, functional imaging using the Nuclear Medicine devices single-photon-emission-computed-tomography or positron emission tomography has shown evidence of cerebral hypoperfusion and hypometabolism in the posterior parietal occipital region. In the light of the ongoing medico-legal discussion in the field, a critical approach to the interpretation of these new research data of functional neuroimaging may add substantial value.

Key words: Whiplash injury – distortion of the cervical spine – cerebral symptoms – SPECT – PET

1 Einführung

Patienten mit chronisch persistierender Symptomatik nach einem Halswirbelsäulen-Schleudertrauma sind oft erdrückend hilflos im medizinisch-rechtlichen und versicherungstechnischen Szenario aufgehoben. Dabei beschränken sich ihre Beschwerden nicht nur auf stark beeinträchtigende Schmerzen im Nacken-, Kopf- und Halsbereich, sondern es kann auch zu deutlichen zerebralen Symptomen kommen. Diese äußern sich in Schwindel, Gehörstörungen, Ohrgeräuschen, Konzentrations- und Gedächtniseinbußen oder Schluckstörungen; auch können Augenprobleme wie Verschwommensehen und Flimmersehen hinzutreten. Das Halswirbelsäulen-Schleudertrauma kommt häufig vor: In Deutschland ereignen sich pro Jahr über 300'000 Schleudertrauma-Unfälle, in den Vereinigten Staaten über eine Million. Nur ein kleinerer Teil, ca. 5%, der Patienten entwickelt jedoch Spätfolgen.¹ 1 Eine vorsichtige Schätzung des Generalverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft in München geht beim HWS-Schleudertrauma von jährlich etwa 1 Milliarden € Folgekosten in Deutschland aus. Dabei besteht der größte Anteil dieser Kosten im Ersatz des ausfallenden regulären Einkommens.

Obwohl bei den Pkw-Heckauffahrunfällen als häufigste Ursache des Halswirbelsäulen-Schleudertraumas nur geringe Geschwindigkeiten zwischen 10 und 20 km/h auftreten, werden beim typischen Schleudertrauma-Unfall große Beschleunigungskräfte auf den Kopf gemessen. Beschleunigungen von etwa dem Fünfzehnfachen der Erdbeschleunigung werden geschätzt, was einem Vielfachen der Beschleunigung, die beispielsweise Astronauten in einer Rakete erfahren, entspricht.

Verschiedene Automobilhersteller haben Systeme zur Verringerung dieser Beschleunigungskräfte entwickelt, so z. B. die „aktive Kopfstütze“, die bei einem Aufprall den Abstand zwischen Kopfstütze und Kopf verringern soll. Die Auswirkungen solcher Systeme auf den Schweregrad der Unfallfälle bleiben jedoch abzuwarten.

Die üblichen Methoden zur Diagnostik des Halswirbelsäulen-Schleudertraumas – von der klinischen Untersuchung über die neurologische Statuserhebung bis hin zum Röntgen der Halswirbelsäule (a.p./lateral, evtl. zusätzliche Schräg- oder Zielaufnahmen) und bei Frakturverdacht und neurologischem Defizit Computertomographie der HWS – vergessen leider, dass das Gehirn bei einem Schleudertrauma ebenso geschädigt werden kann wie die Halswirbelsäule (Abb. 1). Daher sind Untersuchungsmethoden erforderlich, die den Zustand des Gehirns objektiv darzustellen vermögen. Konventionelle radiologische Verfahren

wie die Computertomographie oder Magnetresonanztomographie des Gehirns können jedoch nur strukturelle und nicht auch eventuelle funktionelle zerebrale Veränderungen, wie sie durch das Halswirbelsäulen-Schleudertrauma verursacht werden, darstellen. Im Gegensatz dazu bieten die relativ neuen Methoden der Nuklearmedizin als bislang einzige die Möglichkeit, solche funktionellen Veränderungen bildlich zu erfassen.

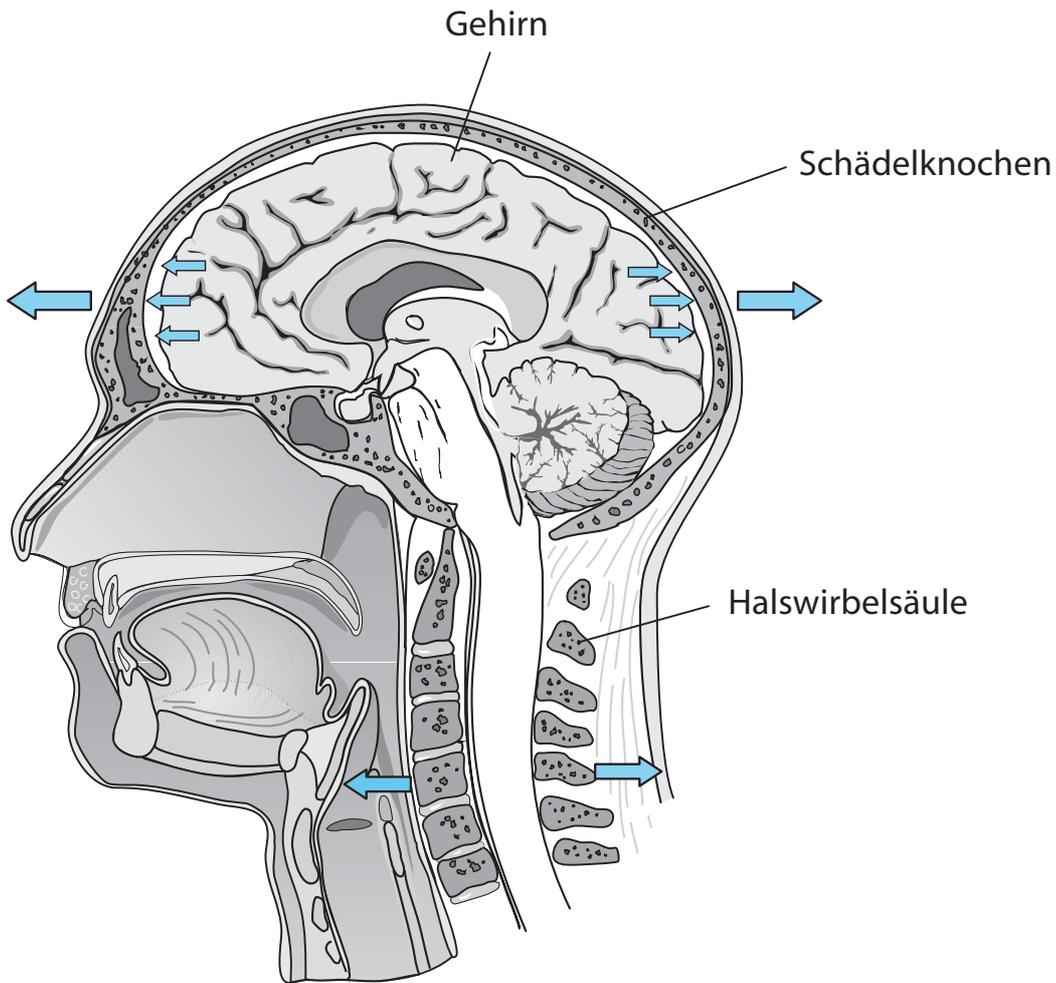


Abb. 1: Mechanismus der Hirnbeteiligung beim Halswirbelsäulen-Schleudertrauma: Neben der Halswirbelsäule bewegt sich auch der an der Halswirbelsäule verankerte Schädel. Im Schädel kann das darin enthaltene Gehirn durch Aufprall auf die Knochenwand ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen werden. Mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages.

2 Funktionelle Bildgebungsverfahren der Nuklearmedizin

Mit der relativ jungen Entwicklung hochleistungsfähiger Rechnersysteme hat sich die funktionelle Bildgebung einen festen Platz an der Schnittstelle verschiedener Fachgebiete zur Nuklearmedizin erobert. Sie ist in der Lage, unterschiedliche Funktionen – wie die Durchblutung oder den Energiestoffwechsel – an verschiedenen Stellen des Organismus, wie z. B. des menschlichen Gehirns, darzustellen und damit ein weites Spektrum verschiedener zu untersuchender Erkrankungen abzudecken. Früher wurden Meßsysteme mit relativ geringem Auflösungsvermögen verwendet, wohingegen heute insbesondere die beiden nuklearmedizinischen Schnittbildverfahren Single-Photonen-Emissions-Computertomographie (SPECT) und Positronen-Emissions-Tomographie (PET) eine hochleistungsfähige funktionelle Bildgebungsmöglichkeit bieten. Diese Messverfahren beruhen auf der intravenösen Applikation von Radiopharmaka, die dann den Weg ins Gehirn finden und dort je nach verabreichtem Radiopharmakon die Perfusion oder den Metabolismus (z. B. Glukose-Utilisation mittels ^{18}F -Fluorodeoxyglukose) anzeigen. Dabei kann es insbesondere sein, dass das Gehirn in der SPECT oder PET deutliche funktionelle Veränderungen aufweist, jedoch in den konventionellen radiologischen Verfahren wie Computertomographie oder Magnetresonanztomographie, die nur Strukturveränderungen darzustellen vermögen, keine Auffälligkeiten zu erkennen sind. Gerade beim Halswirbelsäulen-Schleudertrauma mit oft nur feinen funktionellen Veränderungen sind die SPECT oder PET aber derzeit die einzigen Methoden, um diese Veränderungen nachzuweisen. Daten an größeren Patientenkollektiven zur Diagnostik des Halswirbelsäulen-Schleudertraumas mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) oder Magnetresonanzspektroskopie existieren unseres Wissens bislang nicht, wären aber sicherlich wünschenswert. Eine einzige fMRT-Pilotstudie an fünf symptomatischen HWS-Schleudertrauma-Patienten konnte allerdings eine signifikante Reduktion der Fähigkeit, kohärente visuelle Bewegung wahrzunehmen, feststellen; hierzu korrelierte die fMRT- Aktivierungsuntersuchung.²

Die standardmäßige Auswertung von PET- und SPECT-Untersuchungen sollte heutzutage nicht nur anhand des optischen Eindrucks der Bilder, sondern zusätzlich quantitativ erfolgen. Hier bietet sich die Möglichkeit, in verschiedene Gehirnausdrucke so genannte interessierende Regionen, Regions-of-Interest (ROIs), einzuzeichnen. Dadurch erhält man Informationen über die Aufnahme des injizierten Radiopharmakons und so der Perfusion oder des Metabolismus für diese eingezeichnete Region. Neue Hirnquantifizierungsprogramme wie z. B. das Statistische Parametrische Mapping (SPM) können das Gehirn in

eine standardisierte Größe normieren, so dass verschiedene Gehirne in einem einheitlichen dreidimensionalen stereotaktischen Koordinatensystem miteinander verglichen und Gruppenunterschiede statistisch ausgewertet werden können (Abb. 2). Dieser Vergleich wird mit Hilfe einer Software voxelweise vollautomatisch durchgeführt, und das aufwendige manuelle Legen von interessierenden Regionen entfällt. Sowohl bei der ROI-Technik als auch beim SPM benötigt man Daten eines verlässlichen Normkollektivs, um die Bilddaten eines Patienten oder einer Patientengruppe je nach Untersuchungsziel mit diesem statistisch zu vergleichen und auszuwerten. Beispielsweise ist es im Allgemeinen nicht sinnvoll, eine Gruppe von Patienten mit Depression mit einer Kontrollgruppe von Karzinompatienten betreffend ihrer Gehirnperfusion zu vergleichen, da auch Karzinompatienten depressiv verstimmt sein können.

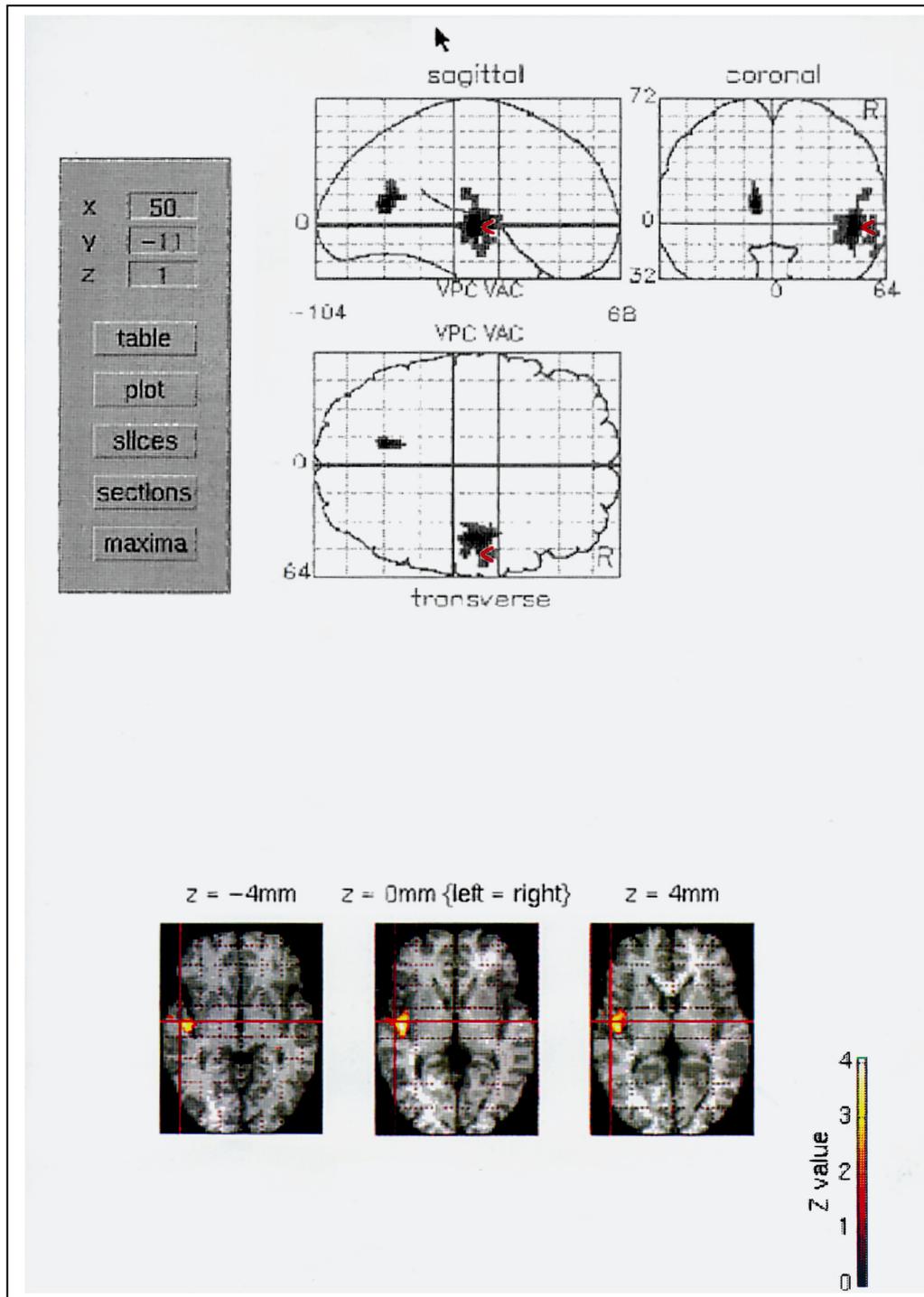


Abb. 2: Lokalisation eines statistisch signifikanten Bildpunktareals, gewonnen bei einer FDG-PET-Untersuchung, und Überlagerung auf die entsprechenden Magnetresonanztomographie-Schnittbilder. Statistisches Parametrisches Mapping, Version SPM94. Mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages.

3 Funktionelle Veränderungen beim HWS-Schleudertrauma

Das Halswirbelsäulen-Schleudertrauma zeigt eine statistisch signifikante Stoffwechselverminderung in der parieto-okzipitalen Region des Gehirns (Abb. 3, 4). Dies konnte in mehreren Studien mit insgesamt über 400 untersuchten Patienten sowohl mittels Perfusions-SPECT als auch mittels Energiestoffwechsel-PET (Fluorodeoxyglukose) festgestellt werden (eine umfangreiche Zusammenstellung hierüber findet sich in ³). Die Patienten zeigten zwar im Einzelfall auch andere Regionen mit verminderter Stoffwechselaktivität, doch gab es in diesen keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede zu einem gesunden Normkollektiv. Es wird angenommen, dass der beschriebene Hypometabolismus in der parieto-okzipitalen Region durch Aktivierung nozizeptiver Afferenzen aus der oberen Halswirbelsäule verursacht wird, wobei das vulnerabelste zerebrale Gebiet das der „letzten Wiese“ zwischen A. cerebri media und A. cerebri posterior ist und hauptsächlich betroffen ist.³ Dieses Gebiet umfasst vornehmlich die parieto-okzipitale Region. In einer Studie aus Zürich wurden teilweise andere Ergebnisse herausgefunden⁴; die Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen dieser Studie scheinen jedoch fragwürdig, da die Kontrollgruppe hauptsächlich aus Melanompatienten bestand und für die Kontrollgruppe keine vergleichende MRT-Untersuchung durchgeführt wurde.

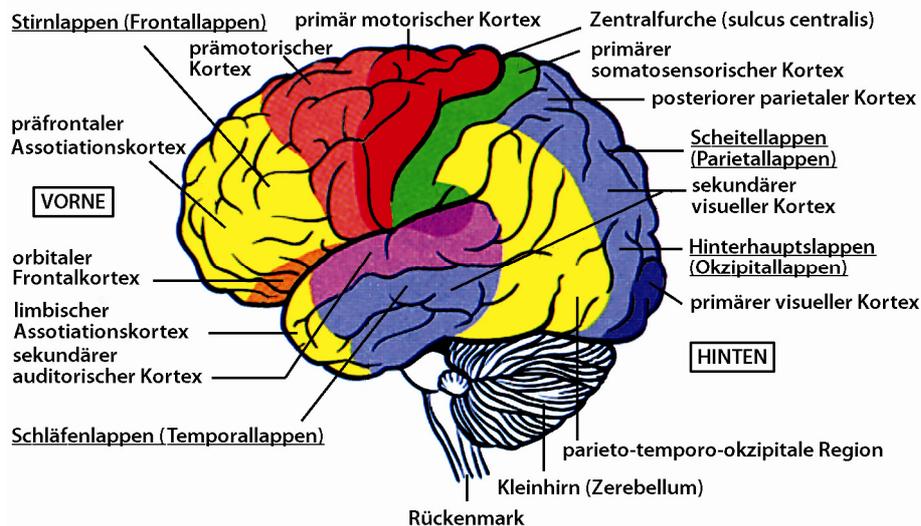


Abb. 3: Lage der verschiedenen Hirnregionen. Beim Halswirbelsäulen-Schleudertrauma ist die parieto-temporo-okzipitale Region das funktionell vulnerable Gebiet. So findet man bei diesen Patienten gehäuft Sehstörungen, Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsverminderungen und/oder eine unspezifische Verringerung der (beruflichen) Leistungsfähigkeit. Mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages.

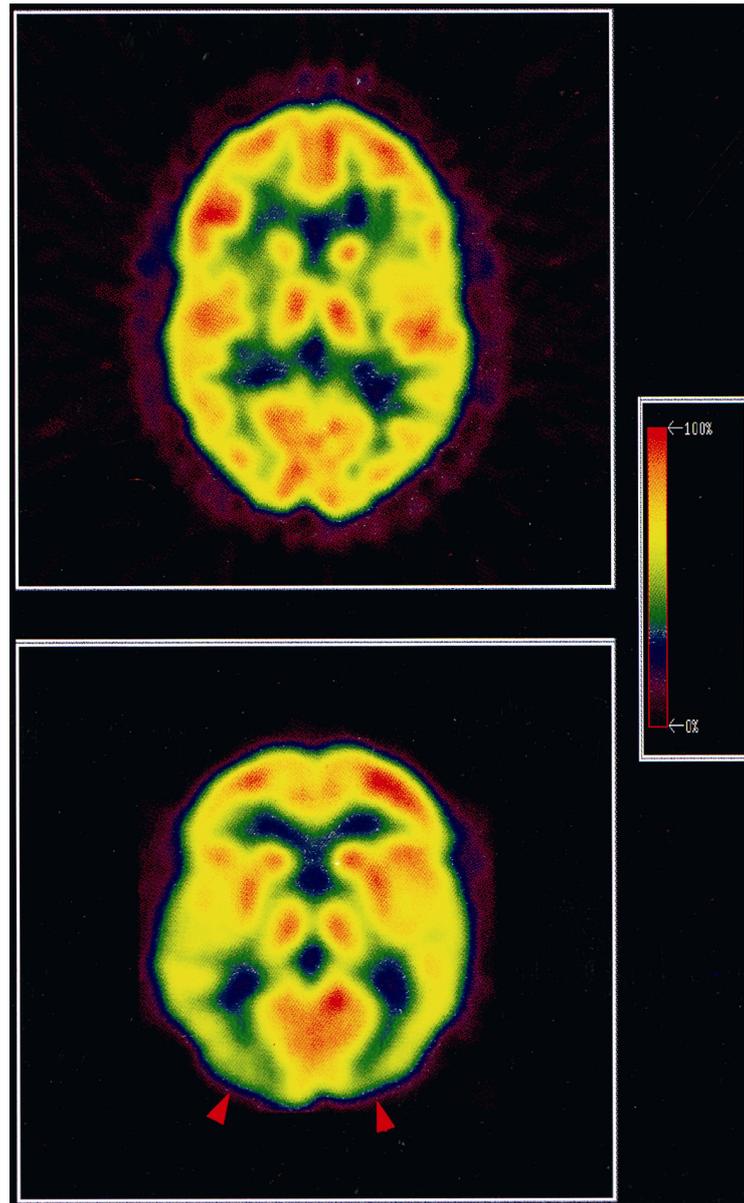


Abb. 4: Fluorodeoxyglukose-PET, repräsentativer transaxialer Schnitt, oben: gesund, unten: Beispiel eines HWS-Schleudertrauma-Patienten; die Pfeile markieren den verminderten Metabolismus in der parieto-okzipitalen Region. Mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages.

In einer neueren Studie von Lorberboym et al. (2002) wurden Patienten mit HWS-Schleudertrauma mit Hilfe von Perfusions-SPECT und Tests für Wahrnehmung und logisches Denken untersucht.⁵ Eine Kontrollgruppe ohne Schleudertrauma wurde ebenfalls getestet. Die Ergebnisse dieser wichtigen Studie bestätigen die vorgenannten Studien unter³:

- Obwohl kein struktureller Hirnschaden in irgendeinem Patienten auf dem MRT-Bild gesehen wurde, wiesen 13 der 20 Patienten Abnormalitäten bzgl. der Hirnper-

fusion in einer oder mehreren Regionen auf; 8 dieser 13 Patienten hatten eine verminderte Perfusion in den Schläfenlappen, 3 Patienten hatten abnorme okzipitale Perfusionsen, 2 Patienten zeigten Abnormalitäten des Frontallappens und 2 Patienten hatten eine asymmetrische Perfusion in den Basalganglien.

- Acht von den 15 Patienten zeigten abnormale P300-Werte, und sieben von acht Patienten mit abnormalen P300 Resultaten hatten abnormale SPECT-Ergebnisse. Von den sieben von 15 Patienten mit normalen P300 Resultaten zeigten sechs eine normale SPECT.
- Obwohl keine signifikante Korrelation zwischen den SPECT-Ergebnissen oder den P300-Resultaten und den Scores bzgl. Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis bestand, waren sich die Ergebnisse aus den SPECT- und den P300-Untersuchungen sehr ähnlich.

Parieto-okzipitale Befunde können auch bei anderen Erkrankungen des Gehirns auftreten, so z. B. bei der neuropsychiatrischen Komponente des systemischen Lupus erythematosus⁶, bei der Alzheimerschen Erkrankung oder bei der Migräne. Durch eine gezielte klinische und neurologische Abklärung können solche anderen Erkrankungen jedoch leicht ausgeschlossen werden. Es gibt auch Erkrankungen, die ein ähnliches klinisches Beschwerdebild wie beim Halswirbelsäulen-Schleudertrauma zeigen. So z. B. die primäre Depression. Bei diesen Erkrankungen ist aber die parieto-okzipitale Region nicht betroffen.

4 Schlussfolgerung

Die Diagnostik des Halswirbelsäulen-Schleudertraumas ist zu einem vieldiskutierten medizinisch wie auch juristisch mitunter heiklen Thema geworden. Dabei wurde bislang der funktionellen Bildgebung zur Darstellung metabolischer Veränderungen des Gehirns nur wenig Bedeutung beigemessen; dies im Gegensatz zur morphologischen bildgebenden Diagnostik, die jedoch bislang nur wenige Hinweise auf eine zerebrale Beteiligung beim HWS-Schleudertrauma erbringen konnte. Trotz vorhandener Arbeiten zum Thema des funktionellen Neuroimagings beim Halswirbelsäulen-Schleudertrauma ist das Schleudertrauma ein fachliches, politisches, versicherungstechnisches, aber auch ethisches und kritisches Problem unserer Zeit geblieben. Viele der Patienten nach einem Halswirbelsäulen-

Schleudertrauma mussten wegen ihrer chronisch persistierenden Beschwerden ihren Beruf, ihr soziales Leben und Umfeld oder teilweise sogar Beziehungen aufgeben. Häufig werden ihre Probleme als bloße Behauptung abgetan oder – nur wenig besser – auf die psychische Ebene geschoben. Nicht immer stehen Versicherungsansprüche im Vordergrund.

Aus diesem Grund erscheinen ein kritischer Umgang und die Kenntnis dieser neuen Ergebnisse aus dem Bereich des funktionellen Neuroimagings für jeden mit dieser Thematik konfrontierten behandelnden Arzt dringend geboten.

Literatur

- 1) Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR et al. Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders: Scientific monographs of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders. Redefining „whiplash“ and its management. *Spine* 1995; 20 (Suppl.): 1 S-73 S.
- 2) Freitag P, Greenlee MW, Wachter K, Ettl TM, Radue EW. fMRI response during visual motion stimulation in patients with late whiplash syndrome. *Neurorehabil Neural Repair* 2001; 15: 31-37.
- 3) Otte A. Die Langzeitfolgen des Halswirbelsäulen-Schleudertraumas: Neue Aspekte der funktionellen Bildgebung. In: Graf M, Grill C, Wedig HD (Hrsg.). *Beschleunigungsverletzung der Halswirbelsäule*. Springer Steinkopff, Darmstadt, 2008, S. 184-195.
- 4) Bicik I, Radanov BP, Schäfer N, Dvorak J, Blum B, Weber B, Burger C, von Schulthess GK, Buck A. PET with 18fluorodeoxyglucose and hexamethylpropylene amine SPECT in late whiplash syndrome. *Neurology* 1998; 51: 345-350.
- 5) Lorberboym M, Gilad R, Gorin V, Sadeh M, Lampl Y. Late whiplash syndrome: Correlation of brain SPECT with neuropsychological tests and P300 event-related potential. *J Trauma* 2002; 52: 521-526.
- 6) Weiner SM, Otte A, Uhl M, Brink I, Schumacher M, Peter HH. Neuropsychiatrische Beteiligung des Systemischen Lupus Erythematodes, Teil 2: Diagnostik und Therapie. *Med Klinik* 2003; 98: 79-90.

Diskussionspapiere der WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr

- 1 Dirk Sauerland: *Medizinische Dienstleistungen und Qualitätswettbewerb*, 2004.
- 2 Günther Seeber, Sabine Boerner, Helmut Keller und Peter Beinborn: *Strategien selbstorganisierten Lernens bei berufstätigen Studierenden. Ausgewählte Ergebnisse einer empirischen Untersuchung*, 2004.
- 3 Dirk Sauerland: *Strategien zur Sicherung und Verbesserung der Qualität in der medizinischen Versorgung – GKV und PKV im Vergleich*, 2005.
- 4 Ansgar Wübker: *Beurteilung der Qualität eines Gesundheitssystems – Die Entwicklung und Prüfung eines Bewertungsrahmens am Beispiel des Krankheitsbildes der koronaren Herzkrankheit*, 2005.
- 5 Dirk Sauerland: *Gesundheitsreformgesetze und ihre Auswirkungen auf Ausgaben und Beitragssätze der Gesetzlichen Krankenversicherung*, 2005.
- 6 Dirk Sauerland: *Künftige Herausforderungen der Langzeitpflege in Deutschland: Ordnungspolitische Anmerkungen*, 2006.
- 7 Günther Seeber: *Ökonomische Bildung in der Schule – Notwendigkeit und Handlungsbedarfe*, 2006.
- 8 Robert J. Zaugg: *Fallstudien als Forschungsdesign der Betriebswirtschaftslehre – Anleitung zur Erarbeitung von Fallstudien*, 2006.
- 9 Robert J. Zaugg: *Work-Life Balance. Ansatzpunkte für den Ausgleich zwischen Erwerbs- und Privatleben aus individueller, organisationaler und gesellschaftlicher Sicht*, 2006.
- 10 Björn A. Kuchinke, Ansgar Wübker: *Defizite öffentlicher Krankenhäuser in Deutschland: Empirische Befunde 1998 – 2004*, 2007.
- 11 Dirk Sauerland, Björn A. Kuchinke, Ansgar Wübker: *Warten gesetzlich Versicherte länger? Zum Einfluss des Versichertenstatus auf den Zugang zu medizinischen Leistungen im stationären Sektor*, 2008.
- 12 Mirko Heinke, Jürgen Keil, Marc Lenge, Michael Schneider, Jana Wendt: *Mobilisierung interner Ratings*, 2007 im Rahmen des Postbank Finance Award 2006/2007.
- 13 Clemens Böcher, Jörg Eisele, Dominik Hartmann-Springorum, Sebastian Hirsch, Heimo Tübel: *Asymmetrische Informationsverteilung im Kapitalmarkt – Wie und wann interne und externe Ratings zur Problemlösung beitragen können*, 2007, Wettbewerbsbeitrag im Rahmen des Postbank Finance Award 2006/2007.
- 14 Christoph Schwierz, Ansgar Wübker: *Regionale Leistungsunterschiede im deutschen Gesundheitswesen – Ausmaße und Ursachen für die Diagnosegruppe der ischämischen Herzkrankheiten*, 2008.
- 15 Ansgar Wübker, Dirk Sauerland, Achim Wübker: *Wie Qualitätsinformationen die Krankenhauswahl beeinflussen – eine empirische Untersuchung*, 2008.
- 16 Günther Seeber, Bernd Remmele: *Does Economic Competence Indicate the Individual Level of Agreement with Market Economy?*, 2008.
- 17 Bernd Remmele, Günther Seeber: *Exams To Go – Open Learning Motivation Through Accreditation*, 2008.
- 18 Tristan Nguyen, Wolfgang Bach: *Prinzipienbasierte Aufsicht am Beispiel des Proportionalitätsgrundsatzes von Solvency II*, 2009.

- 19 Tristan Nguyen, Natalie Djodat: *Empirical Evidence of Corporate Governance Disclosure in Brazil, China, India, Korea and Russia*, 2009.
- 20 Robert D. Molinari: *Der Richtlinienentwurf zum neuen Solvabilitätssystem für die Versicherungsbranche – Ein Zwischenfazit*, 2009.
- 21 Tristan Nguyen: *Versicherbarkeit von Katastrophenrisiken und staatliche Risikoübernahme*, 2009.
- 22 Andreas Otte: *Funktionelles Neuroimaging beim HWS-Schleudertrauma*, 2009.
- 23 Konrad Wink, Andreas Otte: *Die Bedeutung der klinischen Forschung an kardiovaskulären Erkrankungen für die Gesundheitsforschung*, 2009.

Abrufbar unter:

<http://www.akad.de/WHL-Diskussionspapiere.191.0.html>

