

Anwendung der MRT-Klassifikation des schweren Schädelhirntraumas für Prognosestellung und Rehabilitationsplanung

S. Pauli¹, Th. Kapapa², M. Schütze¹, D. Woischneck¹

Zusammenfassung

Einleitung: Kernspintomographische Untersuchungen (MRT) nach schwerem Schädelhirntrauma (SHT) führen zu dem Problem, die Vielzahl der Befunde zu interpretieren. Im Jahre 2001 wurde die einzige bisher bekannte Klassifikation publiziert, mit der durch ein MRT in der Frühphase nach Unfall die Komadauer, die Letalität und die Lebensqualität vorherzusagen sein sollten. Wir überprüfen am eigenen Patientengut die Zuverlässigkeit dieser Klassifikation.

Patienten und Methoden: Bei 30 Patienten mit schwerem SHT (Koma länger als 24 Stunden) wurde eine kraniale MRT innerhalb von 8 Tagen nach Unfall durchgeführt. Komadauer und Glasgow Outcome Score (GOS) nach 6 Monaten wurden zu den MRT-Befunden korreliert.

Ergebnisse: Die Frequenz der einzelnen Kategorien der Klassifikation entsprach im Wesentlichen der der Originalarbeit. Lediglich Patienten ohne Hirnstammläsionen (Grad I) waren etwa häufiger vertreten, vermutlich infolge eines anderen Sedierungsregimes. Die Komadauer nahm signifikant mit höheren Schädigungsgraden (von Grad I bis III) zu. Patienten mit Grad IV-(bipontine)-Läsion erwachten meist nicht aus dem Koma. Der GOS korrelierte eng mit den Kategorien der Klassifikation: Einseitige Hirnstammläsionen (Grad II) wurden mit guter Lebensqualität überstanden. Die Assoziation zwischen beidseitigen mesenzephalen Schäden (Grad III) und dem apallischen Syndrom wurde bestätigt. Bei 4 Patienten (13%) kam es zu Abweichungen von der Regel: Im Falle eines bipontinen Ödems dorsal der Formatio reticularis überlebte ein Patient mit Grad IV-Läsion im wachen Zustand. 3 Patienten mit Grad I-Läsionen verstarben, ohne aus dem Koma zu erwachen.

Diskussion: Die Studie bestätigt die Sinnhaftigkeit der Bildung der einzelnen Kategorien der MRT-Klassifikation. Wir bestätigen die enge Korrelation mit Komadauer und GOS und damit die hohe prädiktive Potenz. Wir fanden Ausnahmen von den Befunden der Originalarbeit, vor allem durch sekundäre zerebrale Verschlechterungen. Unserer Ergebnisse ermutigen zur routinemäßigen Anwendung der Klassifikation.

Schlüsselwörter: Schädelhirntrauma, Kernspintomographie, Prognose

*1 Klinik für Neurochirurgie
Klinikum Landshut*

*2 Klinik Für Neurochirurgie
Universitätsklinikum Ulm*

Einleitung

In den letzten Jahren wird die Kernspintomographie (MRT) nach schwerem Schädelhirntrauma (SHT) vermehrt durchgeführt, auch außerhalb klinischer Studien [1, 2, 5, 6, 7, 10]. Es hat sich national und international gezeigt, dass die MRT-Daten kaum in die Akuttherapie einbezogen werden können. Hingegen ist es möglich, sie für die Optimierung der Schnittstelle zur Neurorehabilitation und in der Rehabilitation selbst [1, 9, 12, 14, 15-20] zu nutzen: für die Prognose des Komaverlaufes und des Outcomes, die Indikation zu Beatmung und zur Tracheotomie oder die Beurteilung der Wiedergewinnung der Eigenatmung. Ein Schwerpunkt der MRT - Literatur ist die Rehabilitation von Kindern und Jugendlichen nach SHT.

Trotz ermutigender Ergebnisse bleibt die Durchführung der MRT aber in den Kliniken auf Einzelfälle begrenzt. Grund ist die schwierige Analyse einer kranialen MRT nach schwerem SHT: Sie liefert eine Fülle von Daten, deren klinische Interpretation offen ist. Regelmäßig finden sich immens viele Läsionen in unterschiedlichen Verteilungen [1, 2, 6, 7], die alle gewertet werden müssten. Ein Ausweg ist der Versuch, Gruppen von Läsionen zusammenzufassen, also Kategorien zu bilden [2]. Dieses Verfahren wurde für die kraniale Computertomographie erfolgreich angewendet [8]. Für die MRT-Diagnostik ist bisher ein Vorschlag gemacht worden: 2001 publizierten Firsching und Mitarbeiter [2] eine Klassifikation von SHT-Patienten auf der Basis von MRT-Daten. Dabei (Tab. 1) wurden unterschieden zwischen Grad I-Läsionen (ohne Hirnstammläsion) und Grad

Experiences of humans with multiple sclerosis with the mobility enhancement intervention

S. Pauli, Th. Kapapa, M. Schütze, D. Woischneck

Abstract

Introduction: The frequency of magnetic resonance imaging (MRI) examinations following traumatic brain injury (TBI) is increasing. It is difficult, however, to interpret the large amount of data thereby obtained. In 2001, the only MRI classification until now for patients following severe TBI was published. By using early MRI data one should be able to predict the coma duration, fatality and quality of life. We have examined the reliability of this classification in our own patient population.

Patients and Methods: Cranial MRI was carried out within 8 days of trauma in 30 patients having suffered severe TBI (coma for more than 24 hours). The coma duration and Glasgow Outcome Score (GOS) after 6 months were correlated with the MRI findings. The study design was adapted as much as possible to the original publication.

Results: The frequency of the individual grades of the classification corresponded to a large extent with that of the original publication. Only patients with no brainstem lesions (grade I) were found more often, for instance, perhaps because of a different sedation regimen. The coma duration increased significantly with the severity of the injury (from grade I to III). Patients with a grade IV lesion (bipontine lesion) mostly did not awake from the coma. The GOS correlated closely with the grades of the classification: unilateral brainstem lesions (grade II) were overcome with a good quality of life. The association between bilateral mesencephalic injury (grade III) and apallic syndrome was confirmed. Four patients (7%) considerably deviated from the rule: in the event of bipontine oedema dorsal of the formatio reticularis, one patient with a grade IV lesion survived in a conscious state. Three patients with grade I lesions died without waking from coma. In this case, a secondary increase in intracranial pressure had developed days after the MRI diagnosis.

Conclusions: The study confirms the benefit of generating the individual grades of MRI classification. We can confirm the close correlation with coma duration and GOS, and thus the clear predictive potential. We did find exceptions to the findings of the original publication, primarily with secondary cerebral deteriorations. Our results provide encouragement to routinely use of the classification.

Keywords: head injury, magnetic resonance imaging, prognosis

Neurol Rehabil 2014; 20 (1): 17–23

© Hippocampus Verlag 2014

II–IV Läsionen (mit Hirnstammläsion). Die Kategorien der Klassifikation korrelierten strikt und signifikant mit Komadauer, Letalität und der Überlebensqualität. Eine Prädiktion dieser Parameter in der frühen Phase nach Unfall erschien möglich.

Grad	Läsionen nachweisbar	mittlere Komadauer	Mortalität	Merkmale des GOS
I	ausschließlich supratentoriell	3 Tage	14%	zumeist nicht behindert
II	einseitig im Hirnstamm (unabhängig von der Ebene)	7 Tage	23%	zumeist leicht behindert
III	beidseitig oder Mittellinie im Mesenzephalon	13 Tage	24%	30% apallisch
IV	beidseitig im Pons	kein Erwachen aus dem Koma	nahezu 100%	Keine Überlebenden (ein Patient überlebt komatös)

Tab. 1: Kategorien der MRT-Klassifikation bei schwerem Schädelhirntrauma

Teilaspekte dieser Studie wurden seitdem im Schrifttum zitiert, je nach Interessenschwerpunkt des Autors [1, 5, 6, 7, 11, 13,14] Es finden sich aber keine Arbeiten, in denen die Klassifikation systematisch angewandt und überprüft wurde. Wir testeten die prognostische Aussagekraft der MRT-Klassifikation erstmalig an einem Patientengut unabhängig von dem der ursprünglichen Arbeitsgruppe.

Patienten und Methodik

Studiendesign

Über einen Zeitraum von 1,5 Jahren wurden 30 Patienten, die nach SHT bewusstlos eingeliefert worden waren, einer frühen MRT-Diagnostik unterzogen und mittels der Klassifikation eingeordnet (Tab. 1). Die durchgeführten MRT-Untersuchungen ersetzten eine computertomographische Verlaufskontrolle (CT), welche alternativ zum entsprechenden Zeitpunkt durchgeführt worden wäre.

Als bewusstlos (komatös) wurden dabei Patienten eingestuft, die nicht in der Lage waren, die Augen zu öffnen und Aufforderungen zu befolgen [3]. Es wurden nur Patienten in die Auswertung aufgenommen, die mindestens 24 Stunden im Koma verblieben waren. Sedierte wurde soweit wie für eine notwendige maschinelle Beatmung erforderlich. Sedierungsmittel kamen zudem vor endotrachealem Absaugen und für eine symptomatische Behandlung im Rahmen eines Mittelhirnsyndroms zum Einsatz. Alle Patienten waren zum Zeitpunkt der MRT-Diagnostik intubiert und beatmet.

Radiologische Aspekte

Das MRT wurde zwischen 12 Stunden und 8 Tagen nach Einlieferung veranlasst. Alle Patienten wurden an einem 1,5 Tesla Kernspintomographen (Symphony, Siemens, Erlangen, Deutschland) mit folgenden Sequenzen untersucht:

1. Sagittale Spinecho T1 nativ, TR 568 ms, TE 12 ms, Flipwinkel 80°, 5 mm Schichtdicke, 256x256 Matrix,
2. Koronare Turbospinecho FLAIR (fluid attenuated inversion recovery), TR 9.000 ms, TE 123 ms, TI 2.500 ms, Flipwinkel 180°, Matrix 256 x 256, spektral fettgesättigt, Schichtdicke 5 mm,
3. transversale Doppelechosequenz, TR 3.700, TE 13 bzw 115 ms, Turbofaktor 5, Flipwinkel 150°, Matrix 512 x 512, Schichtdicke 5 mm und
4. transversale blutungssensitive T2* Gradientenechosequenz, TR 910 ms, TE 26 ms, Flipwinkel 20°, 5 mm Schichtdicke, 26 Schichten Hz/Pixel, 5 mm Schichtdicke, 26 Schichten mit 2 B-Werten (0 und 1.000 mm/s²) und 16 Diffusionsrichtungen. Alle Sequenzen erfassten jeweils den gesamten Hirnschädel.

Die Läsionen wurden entsprechend der MRT-Klassifikation erfasst und katalogisiert (Tab. 1).

Patienten

Ausgewertet wurden die Daten von 20 Männern (67%) und 10 Frauen (33%) nach SHT. Das mittlere Alter betrug 44,6 Jahre (Spannbreite: 10–83). 5 Patienten (17%) wurden an einem Epiduralhämatom, 13 (43%) an einem Subduralhämatom operiert. In 13 Fällen erfolgte eine Hemikraniektomie mit Duraerweiterungsplastik. Das Behandlungsergebnis nach 6 Monaten (Glasgow Outcome Score, GOS) war wie folgt: jeweils 6 Patienten (20%) verstorben, 6 (20%) apallisch, 5 (18%) Patienten schwer- und 7 (22%) leicht behindert. 6 Patienten überlebten ohne Behinderung (20%).

Statistik

Zur statistischen Analyse wurden die Kategorien der MRT-Klassifikation als ordinale Daten behandelt und auf der X-Achse angesiedelt. Kontinuierlich verteilte Daten (Komadauer) wurden ihnen mittels ANOVA auf der Y-Achse gegenübergestellt (Signifikanztest: t-Test). Nominal (Zugehörigkeit zu einer Kategorie) und ordinal verteilte Daten (GOS) wurden mittels Kreuztabelle korreliert (Signifikanztest: Chi²-Test). Signifikanz wurde für $p < 0,05$ angenommen. Die Berechnungen erfolgten mittels der Software SPSS 16.0 von SPSS Inc. (1989–2007).

Resultate

Bei 16 von 30 (53%) Patienten fanden sich in der MRT keine Hirnstammläsionen. Entsprechend ließen sich in 14 Fällen (47%) Hirnstammläsionen nachweisen. Dabei waren die Ebenen des Hirnstammes wie folgt betroffen: Mesenzephalon ($n=13$, 93%), Pons ($n=6$, 43%) und Medulla oblongata ($n=2$, 14%).

Verteilung der Patienten in der MRT-Klassifikation

In der Originalarbeit wiesen 57% der Betroffenen in der MRT eine Hirnstammläsion auf, in unserer Serie 47%. In Abbildung 1 sind die Frequenzen der einzelnen Läsionstypen für unsere Untersuchungsserie den Daten aus der Originalarbeit gegenübergestellt: Es zeigt sich eine vergleichbare Verteilung der einzelnen Kategorien, wobei in unserer Serie die Grad I-Läsionen etwas häufiger und die Grad II-Läsionen etwas seltener waren.

MRT-Klassifikation und Koma

6 von 30 Patienten (20%) erwachten nicht aus dem Koma, der überwiegende Anteil (80%) wurde wach. Die durchgehend komatösen Patienten ließen sich den Graden I ($n=3$) und IV ($n=3$) zuordnen. Für die Betroffenen, die aus der Bewusstlosigkeit erwachten, betrug die mittlere Komadauer 5,8 Tage (Spannbreite: 1–18). Es bestand ein signifikanter Anstieg der Komadauer von Grad I bis III ($p=0,001$) (Abb. 2). Im Vergleich zu den Daten der Originalarbeit (Abb. 2) zeigte sich eine

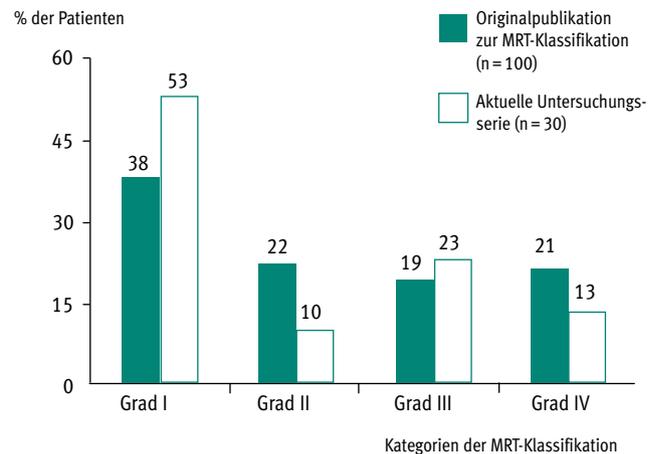


Abb. 1: Verteilung der Patienten auf die Kategorien der MRT-Klassifikation. Im Vergleich zu den Daten der Originalarbeit [2] zeigte sich in der aktuellen Studie eine höhere Rate an Grad I-Läsionen, vermutlich auf Sedierungseffekte zurückzuführen

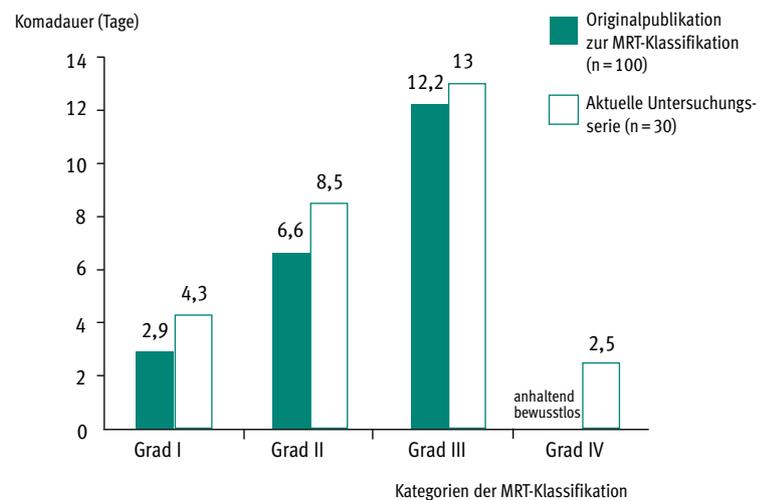


Abb. 2: Komadauer in Relation zur MRT-Klassifikation. Wie in der Originalarbeit [2] fand sich ein signifikanter Anstieg der Komadauer von Grad I auf Grad II und von Grad II auf Grad III. Die Patienten verblieben insgesamt länger im Koma als in der Originalarbeit, vermutlich ebenfalls Folge unterschiedlicher Sedierungsregime.

etwas längere Komadauer. Für beide Serien zeigte sich die eindeutige Zunahme der Komadauer von Grad I bis III. Patienten mit Grad IV-Läsionen waren in der Originalarbeit alle verstorben, ohne aus dem Koma zu erwachen. In der aktuellen Serie erwachte eine Betroffene (Abbildung 3) nach 10 Tagen aus der Bewusstlosigkeit und überlebte.

MRT-Klassifikation und GOS

Es bestand eine signifikante Korrelation zwischen den MRT-Befunden der ersten Woche nach Unfall und dem GOS 6 Monate nach dem Ereignis (Kreuztabelle, Chi²-Test, $p < 0,0001$). Die Details dieser Korrelation ergeben

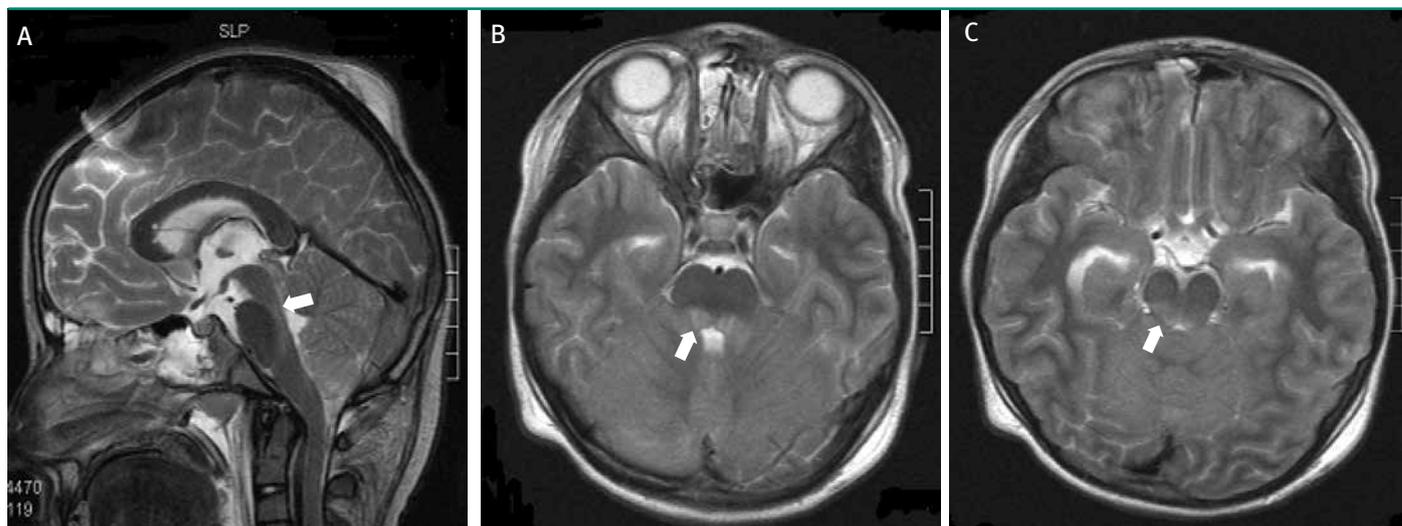


Abb. 3: Fallbeispiel Grad IV-Läsion

12-jähriges Mädchen, welches von einem PKW angefahren wurde. Im MRT 4 Tage nach Unfall zeigt sich ein Ödem im hinteren Anteil von Pons und Mesenzephalon (Pfeile in A, B und C). Das Kind erwacht 12 Tage nach dem Trauma aus dem Koma. Nach weiteren 6 Monaten ist es schwer behindert, wach und kommunikationsfähig. Hier liegt ein Fall vor, in dem ein Grad IV-Läsion in wachem Zustand überlebt wurde.

sich aus den Abbildungen 4a, b: Patienten mit Grad I- oder II-Läsionen überlebten häufig nicht- oder leicht behindert (Abb. 4a), solche mit Grad III-Läsionen waren überwiegend apallisch (Abb. 4b). Umgekehrt trat das apallische Syndrom nur in Korrelation mit einer Grad III-Läsion auf. Patienten mit einer Grad IV-Läsion wiesen eine hohe Letalität auf. Unterschiede zu den Ergebnissen der Originalarbeit waren:

1. eine Letalität von 27% bei Grad I-Läsionen (Originalarbeit: 4%) und
2. eine Letalität von 75% bei Grad IV-Läsionen (Originalarbeit: 100%).

Ein Kind unserer Patientenserie mit einer bipontinen Läsion in unserer Untersuchungsserie überlebte (Abb. 3).

Besondere Krankheitsverläufe

Bei Betrachtung der einzelnen Krankheitsverläufe gab es in unserer Serie vier Patienten, bei denen verlaufsbestimmende Parameter von der Vorhersage der MRT-Klassifikation abwichen (13%). Diese beeinflussten bei einer Gesamtzahl von 30 Patienten die statistischen Ergebnisse deutlich. Diese abweichenden Verläufe waren:

1. 3 von 11 Patienten mit einer Grad I-Läsion, also einer ausschließlich supratentoriellen Schädigung, verstarben, ohne vor dem Exitus intermediär aus dem Koma zu erwachen. In diesen Fällen war es nach der MRT-Diagnostik zu einer sekundären zerebralen Verschlechterung mit Zunahme der Komatiefe gekommen, von denen sich die Betroffenen nicht mehr erholten.
2. Ein 12-jähriges Mädchen (Abb. 3) überlebte eine Grad IV-Läsion schwer behindert mit Tetraparese. Es war 10 Tage nach Unfall aus dem Koma erwacht.

In den 1,5 Jahren der Patientenrekrutierung sahen wir, zusätzlich zu den 30 Patienten unserer Studie, einen 25-jährigen PKW-Fahrers nach SHT, dessen intrakranielle Läsion nicht von der MRT-Klassifikation erfasst wird. Nach dem Erwachen aus dem Koma wies der Patient eine hochgradige Tetraparese auf. In der CT zeigten sich C1- und C2-Frakturen. In der MRT (Abb. 5) fand sich eine Läsion des oberen zervikalen Myelons bis in die distale Medulla oblongata. Ein Jahr nach Unfall kann der Patient selbstständig, unsicher gehen und die Arme über die Horizontale anheben. Finger und Hände können nicht sinnvoll eingesetzt werden.

Diskussion

Bisherige Rezeption der MRT-Klassifikation

Die MRT-Diagnostik beim schweren SHT erhöht die Frequenz des Nachweises traumatischer Läsionen in allen Hirnregionen [1, 2, 5, 6, 7, 10]. Die mit dem Thema beschäftigten Arbeitsgruppen erwarten daher auch, dass sich neue Horizonte in der Prognostik und damit langfristig in der Therapie eröffnen werden [2, 10]. Die Fülle der MRT-Befunde erschwert aber die Entwicklung anwenderfreundlicher Scoringssysteme, wie sie zum Beispiel in der CT-Diagnostik, vor allem durch die Marshall-Klassifikation, verbreitet sind [8]. Bisher wurde nur ein systematischer Versuch zur Lösung des Problems unternommen [2]: Die MRT-Klassifikation (Tab. 1) ist das Ergebnis einer langjährigen prospektiven Studie, die nach Parametern suchte, den Krankheitsverlauf nach schwerem SHT frühzeitig vorhersagen zu können.

Die Arbeit aus dem Jahre 2001 [2] wird in der Literatur häufig fehlverstanden und falsch zitiert: Die Autoren betonen mit Verweis auf die genannte Arbeit die schlech-

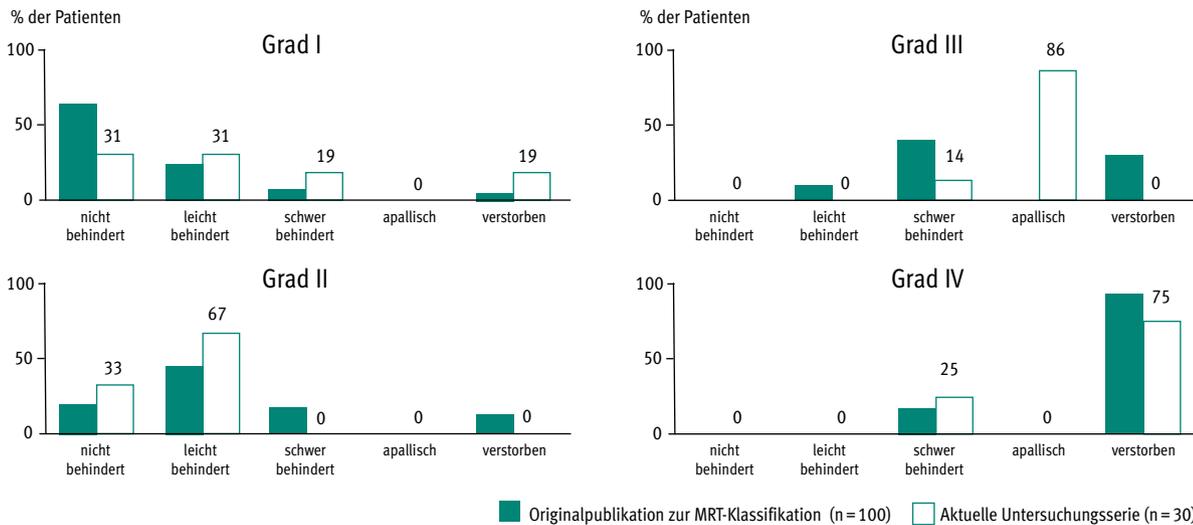


Abb. 4a: Patienten mit Grad I- und Grad II-Läsion überleben häufiger nicht- oder leicht behindert als solche mit Grad III- oder IV-Läsionen. Die Korrelation GOS zu MRT ist signifikant für das Gesamtmodell der dargestellten Grade. Inwieweit einzelne Unterschiede zur Originalarbeit [2] signifikant sind, kann nicht beurteilt werden, letztlich sind die Patientenzahlen in beiden Gruppen sehr unterschiedlich.

Abb. 4b: MRT-Klassifikation und GOS

Patienten mit Grad III- und Grad IV-Läsionen überleben signifikant häufiger schwerbehindert, apallisch oder versterben. Das apallische Syndrom tritt in beiden Untersuchungsreihen [2] nur bei Vorliegen einer beidseitigen Läsion des Mesenzephalons (oder der Mittellinie) auf.

te Prognose von Hirnstammläsionen, wie sie im MRT sichtbar sind [5, 7, 10, 13]. Es wird einseitig lediglich die besonders schlechte Überlebenschance der pontinen Läsionen aus der Klassifikation herausgegriffen [13]. Die Klassifikation beruht aber auf einer ganz anderen Entdeckung: Da im MRT Hirnstammläsionen deutlich häufiger als im CT nachweisbar sind, muss ihre Prognose besser sein als bisher angenommen. Die Differenzierung zwischen gut überlebenden und ungünstigen Läsionen ist die Basis des neuen Verständnisses infratentorieller traumatischer Schädigungen. Dieses Verständnis hat sich in der Literatur noch nicht durchgesetzt, entsprechend wird die Klassifikation nur im Fall tödlicher Verläufe zitiert. Damit wird das Potential der Klassifikation für Prognosestellung und Therapieanwendung verpasst [15–20].

Studienplanung und -design

Eine erste Anwenderanalyse dieser Klassifikation außerhalb einer prospektiven Studie an einem anderen Patientengut durchzuführen war die Idee einer der Autoren (D.W.), der Co-Autor der Originalarbeit gewesen war [2]. Radiologische Daten, Komadauer und GOS wurden von Ärzten erhoben, denen die MRT-Klassifikation nicht vertraut war. Die Durchführung eines MRT beim nach SHT bewusstlosen Patienten ist mittlerweile auch ohne Bewilligung einer Ethikkommission unter Berücksichtigung der Indikationen und Kontraindikationen Bestandteil einschlägiger Richtlinien möglich [2]. Dies berechtigt, eine der Verlaufs-CT Untersuchungen durch ein MRT zu ersetzen, um mehr Informationen zum einzelnen Patienten zu erhalten.

Die Behandlung der in der Originalarbeit beschriebenen Patienten erfolgte unter einem strikten Siederungsregime, bei dem Narkosemittel nur eingesetzt wurden, soweit es für eine Respiratorbeatmung erforderlich war. Dies erlaubte eine sehr präzise Analyse der Komadauer.

Im Unterschied zur Originalarbeit handelte es sich bei unserer Analyse nicht um Daten einer prospektiven Studie. Wie sich zeigt, lassen sich die Regeln der Klassifikation auf den klinischen Alltag übertragen. Dies ist ein wesentlicher Punkt, der sich aus der Originalarbeit nicht ergeben konnte: Dort wurden die Kategorien der

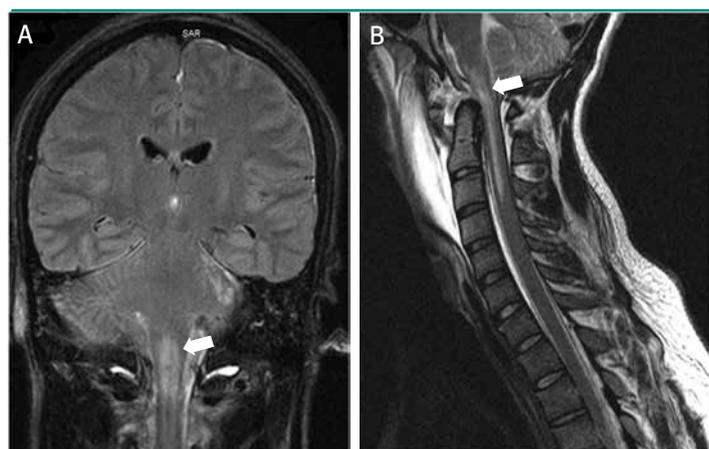


Abb. 5: Intrakranielle Läsion, die in der MRT Klassifikation nicht abgebildet wird.

Kranielle (A) und zervikale (B) MRT eines 25-jährigen, der mit Tetraparese eine Läsion von Halsmark und Medulla, bisher für ein Jahr, überlebt. Es zeigt sich eine Kontusion des oberen zervikalen Myelons und der distalen Medulla oblongata. Dieser Typ der intrakraniellen, traumatischen Schädigung wird von der MRT-Klassifikation nicht erfasst. Er ist bei etwa 2,5 % der schweren Schädelhirnverletzungen möglich.

Klassifikation an 100 Patienten durch eine statistische Analyse entwickelt, bei der die Korrelation von MRT-Daten mit Komadauer und GOS nachgewiesen wurde. Folglich war die prädiktive Potenz im Hinblick auf Komadauer und GOS das Ergebnis der Analyse, die Anwendbarkeit der Klassifikation muss aber an anderen Patientenkollektiven erst nachgewiesen werden.

Eigene Erfahrungen mit der Klassifikation

Die vorliegenden Daten zeigen, dass sich bei großzügiger Sedierung die Mittelwerte der Komadauer zwar verlängern (Abb. 2), dennoch aber ihr signifikanter Anstieg zwischen Grad I und III nachweisbar ist. Die unterschiedliche Indikation zur Sedierung ist vermutlich auch der Grund einer relativen Zunahme an Patienten mit Grad I-Läsionen in unserem Untersuchungskollektiv (Abb. 1): Durch längere Narkose überwand mehr Betroffene mit lediglich supratentorieller Läsion die Grenze der 24-stündigen Bewusstlosigkeit und wurden in die Auswertung hineingenommen. Dennoch sind Komadauer und Frequenz der Läsionstypen in beiden Arbeiten vergleichbar. Dies spricht für die Sinnhaftigkeit der Definition der einzelnen Kategorien der Klassifikation »Grade«.

Eine wesentliche Bejahung erfährt die MRT-Klassifikation durch ihre Vorhersage des GOS. In beiden Untersuchungsreihen ist das Auftreten eines apallischen Syndroms an das Vorliegen bestimmter mesenzephaler Läsionen (Grad III-Läsion) gebunden (Abb. 4b). Patienten mit Grad I- oder II-Läsionen überleben dagegen mit hoher Wahrscheinlichkeit mit geringer Behinderung (Abb. 4a). Patienten mit Grad IV-Läsion erwachen meist nicht aus dem Koma und versterben (Abb. 4b). Hier konnten wir aber auch eine wichtige Ausnahme von der Regel, Überleben in wachem Zustand, registrieren. Die bipontine Läsion lag in diesem Fall dorsal der *Formatio reticularis*, was einen geringeren Effekt auf das Koma bedeutet (Abb. 3).

Insgesamt ließen 13% der Patienten starke Abweichungen von dem Verlauf erkennen, den die Klassifikation prognostiziert. Damit sollte sie nicht als strenger Indikator von Therapieminimierung oder -einstellung benutzt werden. Diese Intention ist allerdings von den Autoren der Originalarbeit nie formuliert worden [2].

Alternative Interpretationsverfahren von MRT-Daten

Die einzige Alternative zur MRT-Klassifikation, die von anderen Arbeitsgruppen genannt wird, ist die Gleichsetzung diffuser Hirnschäden mit dem histologischen Bild des diffusen axonalen Hirnschadens (*diffuse axonal injury*, DAI) [7, 21]. Wir halten diesen Ansatz für eine vertane Chance, denn die Komplexität der MRT-Daten wird außer Acht gelassen. Stattdessen wird das komplexe Bild des einen dem unilokulären Schädigungsbild des anderen Patienten gegenübergestellt, die MRT-Interpretation reduziert sich auf einen simplen binären Code: DAI ja

oder nein. Dabei ist es zwangsläufig, dass Patienten mit einer diffusen Schädigung einen schlechteren GOS erreichen als solche mit einer unilokulären Läsion. Hier wird dann ein statistischer Zusammenhang zum GOS mit individuell vorhersagbarer Prognose verwechselt.

Intrakranielle Läsionen, die die Klassifikation nicht umfasst

Die kraniale MRT nach Unfall Bewusstloser zeigt in etwa 2,5% der Fälle Läsionen des oberen Halsmarks, immer in Kombination mit Schädigungen der *Medulla oblongata* [15, 17]. Es sind dies Patienten nach Hochrasanztraumen mit einem spezifischen radiologischen und klinischen Bild (*Tetrapese*, hohe Letalität, kurze Komadauer, keine pontinen oder mesenzephalen Läsionen, geringe frontale Kontusion mit traumatischer Subarachnoidalblutung). Die Komadauer ist hier kurz, weil die Läsion unterhalb der *Formatio reticularis* liegt, im Unterschied zur Patientin in Abbildung 3, die aus dem Koma erwachte, weil die Läsion dorsal der *Formatio* lokalisiert war [17].

Schlussfolgerungen für den klinischen Alltag

Die MRT-Klassifikation hat eine hohe prognostische Potenz für den Komaverlauf [17], die Komadauer [2, 17] und den GOS [2, 18]. Eine besondere Bedeutung hat sie für die Vorhersage des apallischen Syndroms [18]. Andererseits differenziert sie sehr gut zwischen Patienten mit keiner oder leichter und solchen mit schwerer Behinderung. Anhand der Daten kann zu rehabilitationsrelevanten Fragen Stellung genommen werden: Wiedergewinnung der Eigenatmung [16], Pneumonierisiko [20] und Tracheotomienotwendigkeit [19].

Die Anwendung der Klassifikation ist weitgehend resistent gegenüber unterschiedlichen Sedierungsregimen. Dies sollte das Vertrauen in die Daten weiter stärken. Unsere Publikation will andere Arbeitsgruppen ermutigen, die Klassifikation anzuwenden und über die Erfahrungen zu berichten. Damit kann die Frequenz der von den Regeln abweichenden Krankheitsverläufe erfasst werden. Es wäre in Anbetracht der überzeugenden Ergebnisse schade, wenn die Klassifikation *Cordelias Dilemma* [4] erleiden und infolge der Nichtpublikation positiver klinischer Erfahrungen untergehen würde.

Interessenvermerk

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. Dieter Woischneck
Klinik für Neurochirurgie
Klinikum Landshut
Robert Koch Straße 1
84034 Landshut
E-Mail: dieter.woischneck@klinikum-landshut.de

Literatur

1. Fins JJ, Illes J, Bernat JL, Hirsch J, Laureys S, Murphy E. Neuroimaging and disorders of consciousness: envisioning an ethical research agenda. *Am J Bioeth* 2008; 8:3-12.
2. Firsching R, Woischneck D, Klein S, Reißberg S, Döhning W, Peters B. Classification of severe head injury based on magnetic resonance imaging. *Acta Neurochir* 2001; 143:263-271.
3. Frowein RA. Classification of coma. *Acta Neurochir* 1976; 34:5-10.
4. Gould SJ. Cordelia's Dilemma. *Natural History* 1993; 102: 10 -18.
5. Hebb MO, McArthur DL, Alger J, Etchepare M, Glenn TC, Bergsneider M, Martin N, Vespa PM. Impaired percent alpha variability on continuous electroencephalography is associated with thalamic injury and predicts poor long-term outcome after human traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2007; 24: 579-590.
6. Lagares A, Ramos A, Pérez-Nuñez A, Balleñilla F, Alday R, Gómez PA, Kaen A, Lobato RD. The role of MR imaging in assessing prognosis after severe and moderate head injury. *Acta Neurochir* 2009; 151: 341-356.
7. Mannion RJ, Cross J, Bradley P, Coles JP, Chatfield D, Carpenter A, Pickard JD, Menon DK, Hutchinson PJ. Mechanism-based MRI classification of traumatic brainstem injury and its relationship to outcome. *J Neurotrauma* 2007; 24: 128-135.
8. Marshall LF, Marshall SB, Klauber MR. A new classification of head injury based on computerized tomography. *J Neurosurg* 1991; 75: 14-20.
9. Pillai S, Praharaaj SS, Mohanty A, Kolluri VR. Prognostic factors in children with severe diffuse brain injuries: a study of 74 patients. *Pediat Neurosurg* 2001; 34: 98-103.
10. Shibata Y, Matsumura A, Meguro K, Narushima K. Differentiation of mechanism and prognosis of traumatic brain stem lesions detected by magnetic resonance imaging in the acute stage. *Clin Neurol Neurosurg* 2000; 102: 124-128.
11. Voelbel GT, Genova HM, Chiaravallotti ND, Hoptman MJ. Diffusion tensor imaging of traumatic brain injury review: implications for neurorehabilitation. *Neuro Rehab* 2012; 31: 281-293.
12. Wada T, Kuroda K, Yoshida Y, Ogawa A, Endo S. Recovery process of immediate prolonged posttraumatic coma following severe head injury without mass lesions. *Neurol Med Chir* 2005; 45: 614-619
13. Wedekind C, Klug N. Early prognosis following severe traumatic brain injury. *Dtsch Arztebl* 2005; 102: A-503/B-426/ C-394.
14. Weiss N, Galanaud D, Carpentier A, Nacache L, Puybasset L. Clinical review: Prognostic value of magnetic resonance imaging in acute brain injury and coma. *Crit Care* 2007; 11: 230.
15. Woischneck D, Kapapa T, Grimm C, Skalej M, Schmitz B, Blumstein N, Firsching R. Injuries to the upper cervical medulla in severe brain injuries. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 2011; 149: 541-545.
16. Woischneck D, Kapapa T, Heissler HE, Reissberg S, Skalej S, Firsching R. Respiratory function after lesions in medulla oblongata. *Neuro Res* 2009; 31: 1019-1022
17. Woischneck D, Kapapa T, Reissberg S, Peters B, Skalej M, Dietzmann K, Firsching R. Clinical and radiological analysis of fatal courses in severe brain injuries during intensive care treatment. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2010; 47: 59-64.
18. Woischneck D, Reissberg S, Schmitz B, Peters B, Skalej M, Firsching R: Vorhersage des posttraumatischen apallischen Syndroms. *NeurolRehabil* 2008; 14: 68-71
19. Woischneck D, Rickels E, Reissberg S, Peters B, Skalej M, Firsching R. Extubation or tracheotomy in severe brain injuries: Decision criteria from clinical and apparative diagnostic procedures. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2009; 46: 146-150.
20. Woischneck D, Rickels E, Reissberg S, Peters B, Skalej M, Firsching R. Pneumonierisiko nach schwerem Schädel- Hirn-Trauma. *Neurol Rehabil* 2007; 13: 277-280.
21. Yanagawa Y, Sakamoto T, Takasu A, Okada Y. Relationship between maximum intracranial pressure and traumatic lesions detected by T2*-weighted imaging in diffuse axonal injury. *J Trauma* 2009; 66: 1662-1655.