

Akt. Neurol. 12 (1985) 1-5
© Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York

Die Kernspintomographie (Magnet-Resonanz- Tomographie, MRT) bei Prozessen im Bereiche des Foramen occipitale magnum

F. Aichner, J. Willeit, G. Birbamer, U. Mayr, F. Gerstenbrand

Univ.-Klinik für Neurologie, Innsbruck*
(Vorstand: Univ.-Prof. Dr. F. Gerstenbrand)

Einleitung

Die Diagnostik bzw. Differentialdiagnose pathologischer Prozesse im Bereiche des Foramen magnum haben noch vor kurzem zu den schwierigsten neurologischen und neurodiagnostischen Aufgaben gezählt. Die klinische Diagnostik ist vor allem dadurch erschwert, daß sich trotz einiger Versuche in der Vergangenheit ein klinisch uniformes Foramen magnum-Syndrom nicht abgrenzen läßt. Die große Variabilität der durch Krankheitsprozesse im Foramen magnum hervorgerufenen neurologischen Symptomatik gründet einerseits auf der unterschiedlichen Höhe der Kreuzung motorischer und sensorischer Bahnsysteme zwischen unterem Ende des Obex und dem Austritt der ersten Zervikalwurzel und andererseits auf der unterschiedlichen Größe der zervikomedullären Zisternen, die als Volumsreserve bei raumfordernden Prozessen zur Verfügung stehen.

Remission und Exazerbation von Krankheitsprozessen im Bereiche des Foramen magnum sowie das positive Ansprechen auf eine unspezifische Therapie wie ACTH und Kortison sowie der häufig normale Liquorbefund haben zu Fehldiagnosen geführt und eine monate- und jahrelange inadäquate medikamentöse, chirurgische oder chiropraktische Therapie nach sich gezogen (11, 13, 14). Die zutreffende Diagnose wurde manchmal erst im Terminalstadium der Erkrankung gestellt.

Die Myelographie – jahrzehntelang als Untersuchungsmethode der Wahl bei Prozessen im Bereiche des Foramen magnum – konnte bestehende Prozesse nicht immer nachweisen und zur Differentialdiagnose der Läsion wie z.B. intramedullärer Tumor, Multiple Sklerose, Syringohydromyelielie, zervikale Myelopathie etc. wenig beitragen (13, 21). Zweifellos hat die Computertomographie (CT) mit der hochauflösenden und multiplanaren Bild Darstellung eine neue Dimension in der Aufdeckung kraniozervikaler Prozesse eröffnet. Allerdings gelingt es der CT auch unter intrathekalen und intravenösen Kontrastmittelapplikation nicht, intraspinale Prozesse bildlich direkt darzustellen (4, 5, 8, 10, 17, 18).

Die bildgebende magnetische Kernresonanz hat bereits eine Technologie erreicht, die es erlaubt, das Verfahren in der Routi-

* Der MR-Forschungsgruppe der Siemens AG, UB MED, Erlangen, sind wir für die Möglichkeit der Durchführung der Untersuchungen zu Dank verpflichtet.

Zusammenfassung

Die Schwierigkeiten der Diagnostik von Prozessen im Bereiche des Foramen magnum sind in der Literatur hinlänglich beschrieben worden. Mit der computertomographischen Rekonstruktionstechnik und unter Anwendung von intravenös und intrathekal appliziertem Kontrastmittel ist der zeitlich frühere Nachweis einer klinisch diagnostizierten Läsion möglich geworden. An Hand von 13 Patienten, die wegen eines Prozesses in der kraniozervikalen Region klinisch, computertomographisch und myelographisch untersucht waren und anschließend einer MRT unterzogen wurden, werden die diagnostischen Möglichkeiten der MRT aufgezeigt. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Spin-Echo-Sequenz eindeutig dem Inversion-Recovery-Verfahren überlegen ist.

Die MRT erleichtert, verglichen zur CT, durch die hohe Sensitivität die lokalisatorische und diagnostische Zuordnung von Läsionen im Bereich des Foramen magnum um ein vielfaches. Die relativ niedrige histologische Spezifität muß jedoch durch weitere Studien verbessert werden. Eine exakte neurologische, topographische Diagnose ist für den adäquaten Einsatz der MRT unabdingbare Voraussetzung. Die MRT wird als echte »Myelographie« ohne Invasivität und Risiko die konventionellen, invasiven Methoden großteils verdrängen.

Magnetic Resonance Tomography in Processes in the Region of the Foramen Occipitale Magnum

The difficulties in diagnosing lesions at the level of the foramen magnum have been emphasised in specialist journals for many years. Computed tomography combined with reformatting imaging technique has become a valuable tool in the visualisation of lesions within and adjacent to the foramen magnum. The clinical potential of MRI in the evaluation of a wide variety of lesions in the vicinity of the foramen magnum was examined in 13 patients. MRI was compared, using different pulse sequences, with radiography, myelography and computed tomography. Inversion-recovery images were less valuable than the spin echo sequences. It is concluded from this limited study that the assessment of clinical problems involving this region is greatly simplified by MRI. Its use will allow most invasive procedures to be avoided. The multiplanar facility of MRI will be of great value in the investigation and assessment of patients whose clinical presentation indicates a lesion within or adjacent to the craniovertebral junction.

ne darartiger neurodiagnostischer Probleme einzusetzen. Bereits nach kurzer klinischer MRT-Erfahrung ist festzustellen, daß die MRT bereits jetzt die Untersuchungsmethode der Wahl für Prozesse im Bereich des Foramen magnum ist. Erstmals wird durch die MRT eine direkte in vivo Darstellung des Gehirns und Rückenmarks in verschiedenen Schnittebenen mit hohem Weichteilauflösungsvermögen möglich gemacht.

Ziel dieser Studie ist es, Möglichkeiten und Grenzen der MRT in der Differentialdiagnose von Prozessen im Bereich des Foramen magnum aufzuzeigen.

Patienten und Methodik

Im Zeitraum eines Jahres – zwischen August 1983 und Juli 1984 – wurden bei insgesamt 13 Patienten eine MRT-Untersuchung durchgeführt, bei denen die Vorfelduntersuchungen (neurologischer Befund, Nativröntgen, Liquor, CT und Myelographie) den Verdacht auf einen extra- oder intramedullären Prozeß im Bereich des Foramen magnum und des zervikalen Rückenmarks sowie umliegender Strukturen ergeben haben. Die MRT-Befunde von 3 Patienten werden zusammen mit dem klinischen Befund und den Referenzuntersuchungen in der Kasuistik detailliert wiedergegeben.

Die CT-Untersuchungen wurden an einem Siemens Somatom DR 2-Gerät ausgeführt. Die MRT-Untersuchungen wurden von den Autoren an einem MR-Prototyp (0,35 bzw. 0,5 tesla-Magnet) im MR-Forschungslaboratorium der Firma Siemens in Erlangen durchgeführt. Alle Untersuchungen erfolgten im Spin-Echo (SE) Verfahren, wobei eine Repetitionszeit (TR) von 400 und 1600 msec und häufig auch ein Mehrfachecho (TE) von 43 und 86 msec gewählt wurde. Die Schichten wurden in sagittaler, koronarer und axialer Schnittebene angelegt, wobei unter Verwendung der Kopfspule oder einer Oberflächenspule kein Zoom notwendig war, während bei der Messung mit der Körperspule eine Aussage über das Rückenmark ohne Zoom nicht möglich war. Die Schichtdicke betrug zwischen 1 cm und 6 mm. Hinsichtlich der Grundlagen der MRT wird auf die Literatur verwiesen (20, 25).

Kasuistik

Fall 1, K. F.

Bei dem 60jährigen Patienten bestand seit etwa 8 Jahren eine zunehmende Gangstörung. Die neurologische Untersuchung ergab eine dissoziierte Sensibilitätsstörung für die rechte Seite mit transversaler oberer Begrenzung in Höhe C2 sowie eine gering-

gradig ausgeprägte Tetraspastik. Die Hirnnerven waren frei, Vorderhornzellzeichen fanden sich nicht.

Das Nativ-Röntgen des Schädels bzw. der Halswirbelsäule und die CT zeigten eine massive basiläre Impression mit einem Fehlen der Cisterna cerebello-medullaris und einer Ektopie der Kleinhirntonsillen. Trotz Anwendung von intrathekalem Kontrastmittel konnte das Krankheitsbild computertomographisch nicht zur Gänze geklärt werden. Wegen des klinischen Verdachtes auf eine Syringohydromyelie wurde eine MRT-Untersuchung durchgeführt, die in allen 3 Ebenen eine intramedulläre Zyste nachweisen konnte (Abb. 1 a, b, c).

Fall 2, M. J.

Seit 2 Jahren kam es bei dem 26jährigen Mann zu einer progredienten Verminderung der Kraft im Bereich der linksseitigen Extremitäten. Eine Schmerzsymptomatik bestand nicht. Neurologisch fand sich eine mittlere Zweibelschalenhypästhesie links sowie eine partielle, zervikale Akzessoriusparese links. Außerdem zeigte sich ein Fibrillieren im Bereich der Zunge, die Sprache war bulbär verwaschen. An den Extremitäten bestand eine bein- und linksbetonte spastische Tetraparese. Von den sensiblen Qualitäten war die Vibrationsempfindung vermindert, ein hypästhetisches Niveau fand sich in Höhe C3 links mehr als rechts. Die CT wurde in 4 mm Schichtdicke mit einem Überlappungsbereich von 1 mm durchgeführt, um bessere Rekonstruktionen zu erhalten. Es zeigte sich eine massive Auftreibung der Medulla des obersten Zervikalbereiches vom Atlas nach oben bis in die Ebene des inneren Randes des Foramen magnum reichend. Nach Kontrastmittelapplikation konnte eine mäßige diffuse Anspeicherung des Tumors beobachtet werden. Die axialen Aufnahmen sowie die sagittale und koronare Rekonstruktion haben einen intramedullären Tumor des obersten Zervikalmarkes annehmen lassen (Abb. 2a, b, c). Der 4. Ventrikel zeigte normale Größe und Konfiguration, so daß ein pontines Gliom ausgeschlossen werden konnte. Die MRT-Untersuchung bestätigt den CT-Befund.



Abb. 1a



Abb. 1b

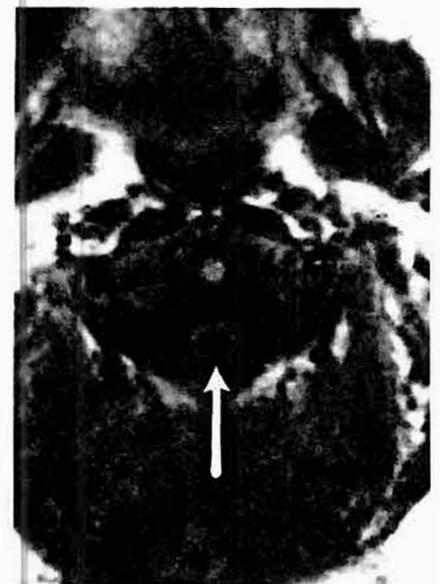


Abb. 1c

Abb. 1 a, b, c MRT-Median-Sagittalschnitt (A), MRT-Koronarschnitt (B) und Axialschnitt (C) durch das Gehirn und obere Halsmark zeigen eine ovale im Durchmesser 5 mm messende Zone verminderteter Signalintensität. Es handelt sich dabei um eine Zyste einer nicht kommunizierenden Syringohydromyelie in Höhe des Foramen magnum. Außerdem sind die Verhältnisse einer basilären Impression sowie eine Ektopie der Kleinhirntonsillen (Abb. 1 A, weißer Pfeil) gut auszumachen. SE, TR = 1600 msec, TE 43 msec.

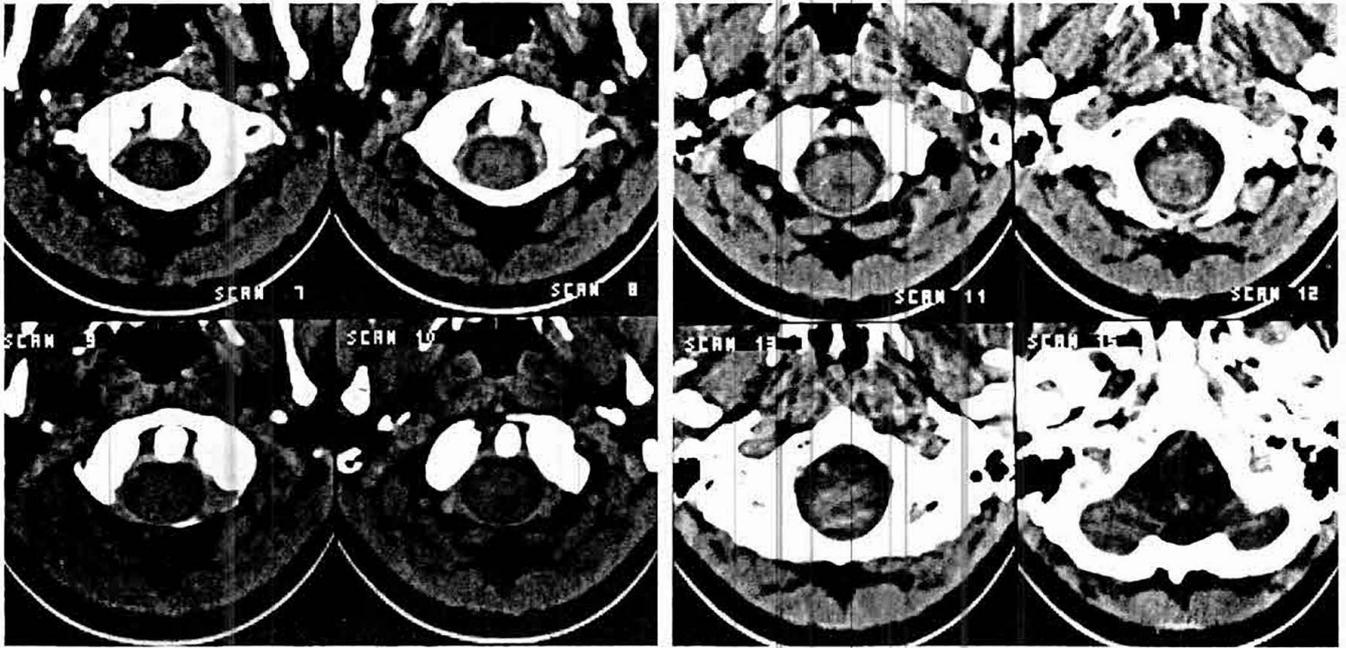


Abb. 2a

Abb. 2b

Abb. 2 a, b CT in Höhe des Atlas bis zum Foramen magnum in 4 mm Schichtdicke und i. v. Kontrastmittel. Auftreibung der Medulla spinalis mit mäßiger diffuser Anspeicherung.

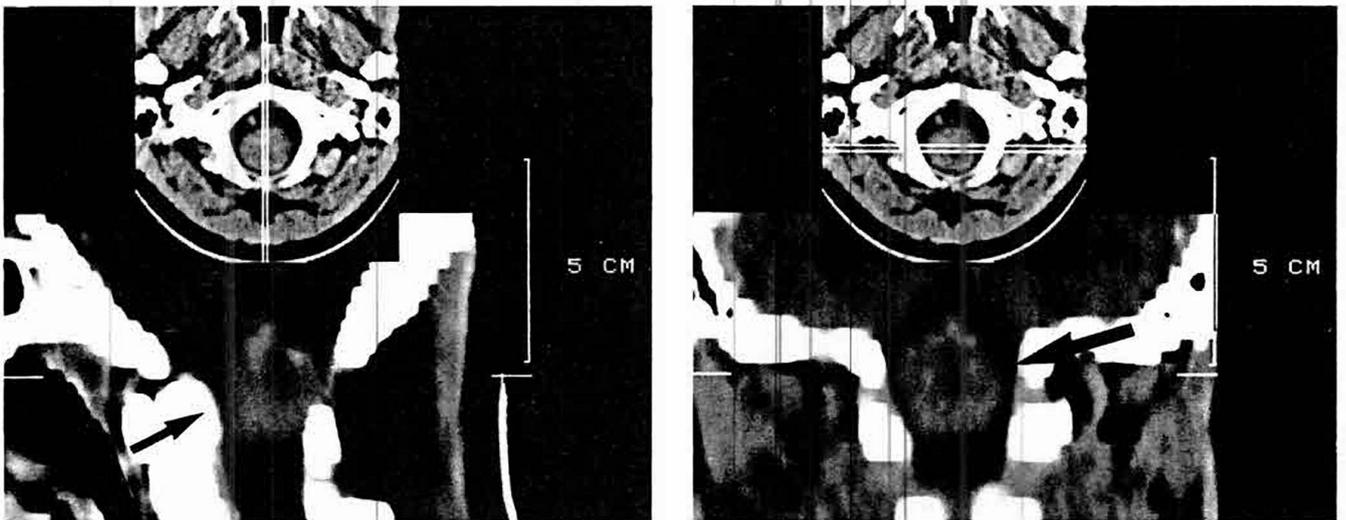


Abb. 2 c Links im Bild die sagittale und rechts im Bild die axiale Rekonstruktion ergeben die Verhältnisse eines intramedullären Tumors mit perifokalem Ödem.

fund, eine wesentliche zusätzliche Information konnte nicht gewonnen werden (Abb. 3 a, b, c). Im Anschluß an die MRT wurde eine partielle, subokzipitale Kraniektomie sowie eine Laminektomie (C1/C2 mit einer Duraerweiterungsplastik durchgeführt. Die Histologie hat ein zystisches Astrozytom ergeben.

Fall 3, T. A.

Bei der 44jährigen Frau war seit dem 18. Lebensjahr eine Neurofibromatosis Morbus Recklinghausen bekannt. Seit 2 Jahren bestanden Nacken-Hinterkopf-Schmerzen sowie Schmerzen an

der rechtsseitigen Extremität mit motorischen und sensiblen Störungen sowie Schreibschwierigkeiten und unangenehmen Sensationen bei Berührung oder Kälte.

Der neurologische Befund ergab ein inkomplettes Querschnittssyndrom mit einer rechtsbetonten spastischen Tetraparese, einer Tiefensensibilitätsstörung sowie einer linksbetonten Störung der Schmerz- und Temperaturempfindung ab Höhe C3. Eine spinale Läsion vom Brown-Sequard'schen Typ, verursacht durch eine extramedulläre Raumforderung, wurde angenommen.

Die Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule zeigte ein glatt begrenztes, ovaläres und stark vergrößertes Foramen interverte-



Abb. 3a



Abb. 3b



Abb. 3c

Abb. 3 a, b, c MRT in sagittaler und axialer Ebene zeigt den Tumor am kraniozervikalen Übergang. Bei Anwendung des Multiechoverfahrens gelingt eine klare Differenzierung zwischen Tumor und Ödem (Abb. 3 B SE, TR 600 msec, TR 86 msec). Das perifokale Ödem gibt durch den höheren Protonengehalt ein helleres Signal als der Tumor.

brale C2/C3. Der Liquor war normal. In der CT fand sich ebenfalls ein erweitertes Foramen intervertebrale C2/C3, bei einem Neurofibrom der Wurzel C3 rechts. Außerdem war auch eine Ektopie der Kleinhirntonsillen vorhanden. Die MRT in axialer und sagittaler Ebene zeigte das Neurofibrom in Höhe C2/C23 (Abb. 4 a, b). Die Histologie bestätigte die Annahme eines Neurofibroms.

Diskussion

Nach Literaturberichten der letzten 3 Jahrzehnte haben Neurinome und Meningeome im Bereich des Foramen magnum einen 1 bis 8jährigen Verlauf bis zur endgültigen Diagnose und operativen Therapie aufgewiesen (22). Durch die CT aber insbesondere MRT ist ein wesentlich früherer Nachweis eines Tumors

möglich geworden, wodurch besonders für Patienten mit gutartigen Tumoren (Cohen 25–35%) eine Heilung gegeben sein kann (6).

Die MRT erlaubt erstmals eine echte »Myelographie«, eine direkte in vivo Rückenmarksdarstellung (2). Die konventionelle Myelographie und auch die CT haben lediglich eine Silhouette des Rückenmarkes gezeichnet. Intramedulläre, solide Prozesse können mit dem MRT exakt von intramedullären, zystischen Veränderungen differenziert werden, wie dies in Fall 1 und 2 demonstriert werden konnte. Eine derartige Differenzierung war früher nur intraoperativ mit Hilfe der Neurosonographie möglich (12). Eine Tumor-Ödem-Abgrenzung ist mit Hilfe des Multiechoverfahrens möglich (Abb. 3 B). Weiters erlaubt die MRT die Darstellung einer Syringohydromyelia und der damit oft konkomitierenden Abnormalitäten wie basiläre Impression oder

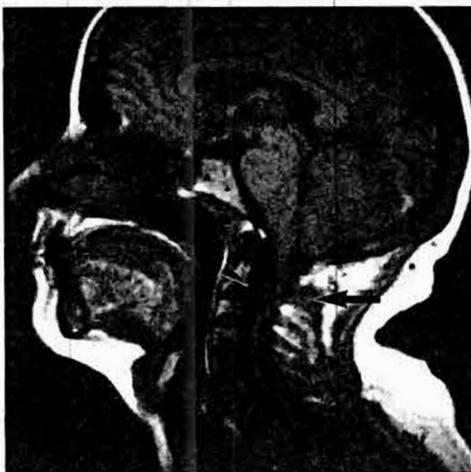


Abb. 4a



Abb. 4b

Abb. 4 a, b MR-Tomogramme eines Sanduhrneurinoms der Wurzel C3, dargestellt in sagittaler und axialer Ebene. SE, TE 43 msec, TR 1600 msec. Die Kompression der Medulla cervicalis durch das Neurofibrom ist dargestellt.

Arnold Chiari-Malformation, dargestellt in Fall 1 (7, 23). Die kraniokaudale Dimension der Prozesse läßt sich genau in axialer, koronarer und sagittaler Ebene darstellen, was für die Fragestellung bedeutsam ist, ob ein Prozeß der hinteren Schädelgrube das Foramen magnum involviert bzw. ob ein primärer Halsmarkprozeß sich in das Foramen magnum ausdehnt (1, 3, 24). Auf Grund der Literaturmitteilungen sowie eigener Erfahrung liegt die Sensibilität der MRT in der Diagnostik von hohen Halsmarkprozessen weit über der der CT oder gar Myelographie (9, 15, 16, 19). Eine intrathekale Applikation von Kontrastmitteln ist bei der MRT nicht notwendig.

Das Auflösungsvermögen der MRT läßt eine Differenzierung zwischen extra- und intraduralem Prozeß bzw. extra- und intramedullärer Läsion zu. Oberflächenspule oder Zoom stellen dabei die notwendige technische Voraussetzung dar. Eine Differenzierung zwischen grauer und weißer Substanz ist auch unter Anwendung der Inversion-Recovery-Methode, im Gegensatz zum Gehirn, beim Rückenmark nicht möglich. Ebenso ist auch die Darstellung der Arteria spinalis anterior und posterior mittels der MRT bisher nicht möglich gewesen. Als weiterer Nachteil in der MR-Diagnostik des kraniiozervikalen Überganges muß das Fehlen von Knochendetails angeführt werden. Beim sagittalen Untersuchungsgang stellt sich das Problem der exakten Lagerung und Positionierung besonders bei Patienten mit Skoliose. Daraus können lange Untersuchungszeiten resultieren. Dieses Problem ist jedoch bereits mit der multiplanaren, dreidimensionalen Darstellung gelöst. Obschon die MRT derzeit in der Lage ist, viel mehr Läsionen als jede andere Referenzmethode aufzuzeigen, ist die histologische Spezifität der nachgewiesenen Prozesse noch als relativ gering einzustufen, allerdings sind dazu große Studien notwendig.

Die Frage nach der besten MR-Technik für die Diagnostik von Prozessen im Bereich des Foramen magnum ist schon in früheren Arbeiten und auch in dieser Studie beantwortet worden (15). Für die Bilddarstellung des obersten Halsmarkes ist entweder ein positiver oder negativer Kontrast des Liquors zum Rückenmark Voraussetzung. Wegen der langen T_1 und T_2 -Zeit des Liquors empfehlen sich folgende Radiofrequenz-Pulssequenzen, und zwar das SE-Verfahren mit einer TR-Zeit von 0,4 sec und einer TE-Zeit von 30 msec (6–7 min bzw. 3–4 min Meßzeit) sowie eine TR-Zeit von 1,5–2,5 sec und eine TE-Zeit von 100–240 msec (Meßzeit 13–21 bzw. 6–10 min). Ein ausgezeichneter Kontrast ist in relativ kurzer Zeit mit der kurzen TR- und TE-Zeit gegeben. Der Kontrast nimmt mit zunehmender TR-Zeit ab, da der Liquor mehr Signalintensität erhält. Der Kontrast läßt sich aber durch Anwendung einer T_2 -gewichteten Sequenz wieder erreichen. Die Inversion-Recovery-Technik erscheint nicht von großem Wert, diesbezüglich sind aber weitere Untersuchungen notwendig. Eine kurze TE-Zeit garantiert das beste Signal-Rausch-Verhältnis und die beste Auflösung. Längere TE-Zeiten eignen sich zur Differenzierung verschiedener Gewebsstrukturen.

Erkrankungen am kraniiozervikalen Übergang wie arteriovenöse Malformationen, Ektopie der kleinen Hirntonsillen, basiläre Impression, Arnold Chiari-Malformation etc., können mit der MRT schnell und risikolos dargestellt werden. Ebenso lassen sich Meningeome, Chordome, Hemangioblastome, Hirnstammglione mit Ausdehnung zum Foramen magnum, so auch Metastasen innerhalb des Foramen magnum, einfach nachweisen, wobei zur Verbesserung der histologischen Spezifität detaillierte Vergleichsuntersuchungen mit Referenzmethoden sowie eine Standardisierung und Validisierung der im MR gemessenen Parameter notwendig sein wird.

Trotz der Vielfalt der pathologischen Prozesse am kraniioverte-

bralen Übergang ist zu erwarten, daß in Zukunft der enormen hohen Sensitivität der MRT auch eine hohe Spezifität folgen wird. Bis dies erreicht sein wird, werden vermehrt Referenzmethoden wie Nativröntgen, CT, Myelographie und Vertebralisangiographie sowie Liquoruntersuchungen und somatosensorisch evozierte Potentiale herangezogen werden müssen. Ohne Zweifel kommt schon jetzt der MRT in der Evaluierung von Präsenz, Art, Größe und Lokalisation eines Prozesses im Bereich des Foramen magnum erstrangige Bedeutung zu. Voraussetzung jedoch für einen adäquaten Einsatz der MRT wird immer eine sorgfältige Anamnese und ein exakter klinischer neurologischer Befund bleiben.

Literatur

- (1) Aichner, F., F. Gerstenbrand: NMR-Tomographie beim Locked-in-Syndrom. *Neuropsychiat. Clin.* 2. (1983) 153–159
- (2) Aichner, F., F. Gerstenbrand, W. Huk, A. Pallua: NMR-Tomographie in der Diagnostik der Syringomyelie. *Nervenarzt* 55 (1984) 324–327
- (3) Aichner, F., F. Gerstenbrand, N. Grcevic, U. Mayr, K. Noever, G. Reuther: Identification of various pathological conditions of the CNS by nuclear magnetic resonance (NMR) imaging. In: *Neuroimaging*, F. Gerstenbrand, N. Grcevic, F. Aichner (eds.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart–New York 1984, 15–30
- (4) Aubin, M. L., J. Vignaud, C. Jardin, D. Bar: Computed tomography in 75 clinical cases of syringomyelia. *AJNR* 2 (1981) 199–204
- (5) Baleriaux-Waha, D., G. Terwinghe, L. Jeanmart: The value of computed tomography for the diagnosis of hour-glass tumours of the spine. *Neuroradiology* 14 (1977) 31–32
- (6) Cohen, L.: Tumours in the region of the foramen magnum. In: *Handbook of Clinical Neurology*, P. J.inkenand G. W. Bruyn (eds.) Vol. 17 (1975) 719–730
- (7) De La Paz, R. L., T. J. Brady, F. S. Buonanno et al.: Nuclear magnetic resonance (NMR) imaging of Arnold-Chiari type I malformation with hydromyelia. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 7 (1983) 126–129
- (8) Di Chio, G., D. Schellinger: Computed tomography of spinal cord after lumbar intrathecal introduction of metrizamide. *Radiology* 120 (1976) 101–104
- (9) Han, J. S., B. Kaufman, S. J. El Yousef, J. E. Benson et al.: NMR imaging of the spine. *AJNR* 4 (1983) 1151–1159
- (10) Handel, S. A., R. Grossmann, M. Sarwar: Computed tomography in the diagnosis of spinal cord astrocytoma. *Casereport. J. Comput. Assist. Tomogr.* 2 (1978) 226–228
- (11) Howe, J. R., J. A. Taren: Foramen magnum tumours. Pitfalls in diagnosis. *JAMA* 225 (1973) 1061–1066
- (12) Hutchins, W. W., R. L. Vogelzang, H. L. Neitman, J. L. Culp, L. E. Kowal: Differentiation of tumour syringomyelias. *Intraoperative Neurosonography of the spinal cord*. *Radiology* 151 (1984) 171–174
- (13) Marc, J. A., M. M. Schlechter: Radiological diagnosis of mass lesions within and adjacent to the foramen magnum. *Radiology* 114 (1975) 351–365
- (14) Missed foramen magnum tumours. Editorial. *Lancet* II (1973) 1482
- (15) Modic, M. T., M. A. Weinstein, W. Pavlicek, F. Baimphrey, D. Starnes, P. M. Duchesnan: Magnetic resonance imaging of the cervical spine: technical and clinical observations. *AJR* 141 (1983) 1129–1136
- (16) Modic, M. T., M. A. Weinstein, W. Pavlicek et al.: Nuclear magnetic resonance of the spine. *Radiology* 148 (1983) 757–762
- (17) Nahser, H. C., V. John, H.-E. Nau, V. Reinhardt: Computertomographic evaluation of cervical astrocytoma. *Eur. Neurol.* 22 (1983) 447–450
- (18) Nakagawa, H., Y. P. Huang, L. I. Malis, B. S. Wolf: Computed tomography of intraspinal and paraspinous neoplasms. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1 (1977) 377–390
- (19) Norman, D., C. M. Mills, M. Brant-Zawadzki et al.: Magnetic resonance imaging of the spinal cord and canal: potentials and limitations. *AJR* 141 (1983) 1147–1152
- (20) Roth, K.: NMR-Tomographie und -Spektroskopie in der Medizin. Springer Berlin-Heidelberg 1984
- (21) Skalpe, I. O., O. Sortland: Cervical myelography with metrizamide (amipaque). A comparison between conventional and computer-assisted myelography with special reference to the upper cervical and foramen magnum region. *Neuroradiology* 16 (1978) 275–278
- (22) Smolik, E. A., E. Sachs: Tumours of the foramen magnum of spinal origin. *J. Neurosurg.* 11 (1954) 161–172
- (23) Yeates, A., M. Brant-Zawadzki, D. Norman, L. Kaufman et al.: Nuclear magnetic resonance imaging of syringomyelia. *AJNR* 4 (1983) 234–237
- (24) Young, I. R., M. Burl, G. J. Clarke et al.: Magnetic resonance properties of hydrogen: imaging the posterior fossa. *AJNR* 24 (1981) 487–493
- (25) Young, S. W.: Nuclear magnetic resonance imaging. Basic principles. Raven Press, New York, 1984

Heft 1 Band 12 Februar 1985

Aktuelle Neurologie

Herausgeber:

H. C. Hopf, Mainz
F. Jerusalem, Bonn
H. Schliack, Hannover

Redaktionsassistent:

U. Patzold, Hannover

Beirat:

A. Berger, Hannover
G. Boergen, Wiesbaden
H. Feldmann, Münster
F. Gerstenbrand, Innsbruck
A. Huber, Zürich
P. Huber, Bern
W. Isler, Zürich
H. Künkel, Hannover
G. Lüth, Hannover
A. Marthes, Kehl/Kork
J. Meyer, Mainz
A. von zur Mühlen, Hannover
H.-H. Peter, Freiburg
K. Pisco, Bremen
K. Poeck, Aachen
J. M. Schröder, Aachen

Sonderdruck

© Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York
Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlags