

Differentialdiagnose spinaler Prozesse mittels moderner diagnostischer Verfahren

J. Willeit, F. Aichner, P. Pohl, E. Rumpl, U. Mayr, F. Gerstenbrand

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

Modern Diagnostics in Evaluation of Spinal Cord Diseases

Modern diagnostic management of diseases of the spinal cord is discussed, illustrated by some exemplary cases and reviewed by the literature. Special attention is directed to high resolution tomography, magnetic resonance imaging, analysis of the cerebrospinal fluid and electrophysiological methods. It seems conceivable that a shift from invasive methods to noninvasive procedures (e.g. magnetic resonance imaging) may occur.

Zusammenfassung

Anhand von Fallbeispielen und einer Literaturübersicht werden die Vor- und Nachteile neuer diagnostischer Methoden bei der Abklärung von Rückenmarkserkrankungen erörtert. Unter den Imaging-Verfahren wird besonders auf die Möglichkeiten der hochauflösenden Computertomographie und Magnetotomographie eingegangen, ebenso werden moderne liquor-diagnostische und elektrophysiologische Methoden diskutiert. Nicht zuletzt vor allem durch die Magnetotomographie sind Verschiebungen in den Indikationen für die verschiedenen Verfahren zu erwarten, besonders was die invasive Kontrastmitteldiagnostik betrifft.

Einleitung

Für die Diagnostik spinaler Prozesse sind zunächst die anamnestischen Angaben des Patienten und der klinisch-neurologische Befund richtungweisend. In vielen Fällen wird dadurch bereits eine topische Zuordnung einer spinalen Läsion hinsichtlich Höhe und Ausdehnung möglich sein. Für die differentialdiagnostische Abgrenzung sind jedoch Zusatzuntersuchungen unerlässlich. In Abhängigkeit von der Fragestellung kommen der konventionellen Röntgenuntersuchung der Wirbelsäule, der Myelographie, der Angiographie, der Liquoranalyse und den elektrophysiologischen Untersuchungen sowie der Computertomographie (CT) und der Magnetotomographie (MT) unterschiedliche Bedeutung zu. Vor allem durch die CT und MT haben sich in den letzten Jahren Verschiebungen in der Anwendung neurodiagnostischer Methoden bei der Abklärung von Rückenmarksprozessen ergeben. Erstmals ermöglicht die MT ohne Anwendung von Kontrastmittel eine „direkte Myelographie“ und eine Darstellung des Rückenmarks in allen drei Ebenen.

In Korrelation zur Klinik werden die Wertigkeit sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden bei ihrer Anwendung zur Abklärung von verschiedenen Rückenmarkserkrankungen erörtert.

1. Raumfordernde spinale Prozesse

Je nach Lokalisation werden intra- von extramedullären Tumoren unterschieden, wobei letztere wieder intra- oder extradural lokalisiert sein können. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten mit strenger Anordnung der Bahnsysteme und Kerngebiete ergeben sich dabei typische klinische Symptombilder. Auf allgemeine Übersichten (29, 70, 74) und Beschreibung seltener Symptome (36, 69, 79) sei hingewiesen.

1.1. Magnetotomographie (MT) (1, 3, 31, 37, 43, 52, 57, 66)

Durch die Anwendung verschiedener Meßsequenzen ist eine Differenzierung zwischen Liquor und Rückenmark bzw. ein hoher Kontrast zwischen gesundem und pathologischem Gewebe gegeben. Bei intramedullären Prozessen zeigen bereits kurze Repetitions- und Echozeiten die Raumforderung an. Ependymome und Astrozytome werden in langen Meßsequenzen (TR 2000 msec, TE 120 msec) signalstark gegenüber dem normalen Rückenmark dargestellt (3, 37). Abb. 1 zeigt den Befund eines histologisch gesicherten Ependymoms, wobei im T1-betonten Bild die Auftreibung des Rückenmarks im mittleren Halsmark deutlich sichtbar wird, während im T2-betonten Bild eine hohe Signalintensität vorhanden ist. Solide und zystische Anteile eines Tumors können magnetotomographisch durch Änderung der Meßsequenzen voneinander differenziert werden. Dies gilt im besonderen auch für die mit einem Tumor assoziierten Syringohydromyelien (43, 66). Die hervorragende Darstellungsmöglichkeit der mit und ohne Auftreibung des Rückenmarks einhergehenden Syringomyelien in T1-gewichteten Sequenzen (TR 500 msec, TE 30 msec) ist vielfach belegt (1, 43, 57) (Abb. 2). Für extramedulläre bzw. extradurale Raumforderungen wie z. B. Meningiome und Neurinome besteht durch die Anwendung der „multislice“- und „multiecho“-Technik sowie durch Verwendung von Oberflächenspulen eine hohe Sensitivität (37). Die intraspinale und paraspinale Raumforderung sowie die obere und untere Begrenzung eines Tumors können exakt dargestellt werden (Abb. 3). Auch arteriovenöse Mißbildungen können in den verschiedenen Spinecho-Sequenzen identifiziert werden (52). In Abb. 4 ist der magnetotomographische Befund eines histologisch gesicherten Angioms dargestellt.

Wirbelsäulenmetastasen lassen sich durch eine Änderung der Signalintensität in den sagittalen Übersichtsaufnahmen nachweisen. In einem unserer Fälle wurden die szintigraphisch gesicherten multiplen Osteolysen eines Bronchuskarzinoms mit kurzer und langer Repetitionszeit signalschwach gegenüber den gesunden Wirbelkörpern dargestellt (Abb. 5).



Abb. 1 a und b Sagittales MR-Bild des Halsmarkes im SE-Verfahren mit T1- und T2-betonten Sequenzen (TR 500 msec, TE 40 msec; TR 3000 msec, TE 80 msec): Zystische intramedulläre Raumforderung C3 bis C6 mit deutlicher Einengung des Spinalraumes, wobei in den T2-betonten Aufnahmen eine erhöhte Signalintensität in diesem Bereich aufscheint. Dieses Signalverhalten spricht gegen eine Syringomyelie und für einen zystischen tumorösen Prozeß. Die Histologie ergab ein zystisches Ependyom.

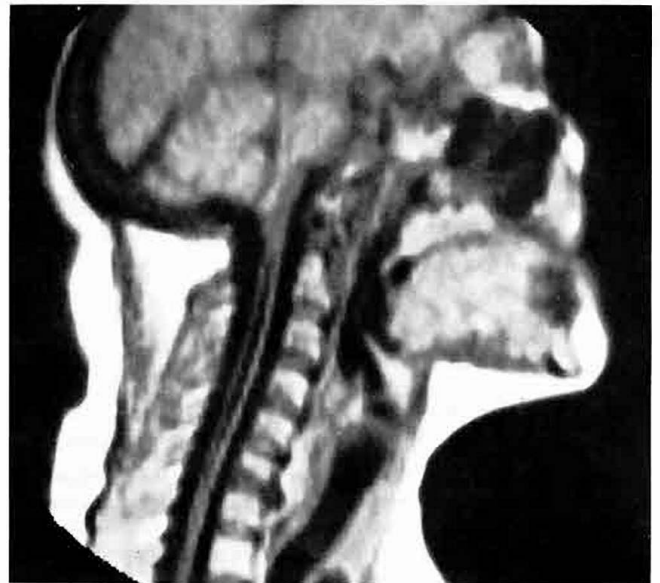


Abb. 2 a und b Sagittales und axiales MR-Bild im SE-Verfahren (TR 500 msec, TE 40 msec, Schichtdicke 5 mm): Vom kraniozervikalen Übergang bis C6 reichende signalarme intramedulläre Veränderung ohne nennenswerte Auftreibung der Medulla spinalis. Typischer MR-Befund einer Syringohydromyelie. Das Computertomogramm und die Myelographie waren unauffällig.

1.2. Computertomographie (CT) (2, 5, 16, 26, 30, 32, 54, 55, 62, 67)

Eine exakte Differenzierung des Rückenmarks, des Subarachnoidalraumes, des Conus, der Cauda equina sowie der Nervenwurzeln ist nur nach intrathekaler Kontrastmittelgabe möglich (16, 54). Dies gilt insbesondere auch für den Nachweis intramedullärer Tumoren, welche sich als spindelförmige Auftreibung darstellen (Abb. 6). Nur in seltenen Fällen kommt es auch nach i.v. Kontrastmittelgabe zu einer Anspeicherung (32), so daß dann eine sichere Abgrenzung zur Syringohydromyelie möglich wird. Die zystischen Hohlraumbildungen bei Syringohydromyelien sind durch die hochauflösenden Systeme nur selten differenzierbar (5), die sichere Diagnose gelingt meist erst durch den Nachweis in-

trathekal applizierten Kontrastmittels innerhalb der Zyste (67) (Abb. 7). Eine Verwechslung mit intramedullären Tumoren, z. B. einem Stiftgliom, ist möglich (Abb. 8).

Bei extramedullären Tumoren ermöglicht die intrathekale Kontrastmittelgabe den Nachweis der unteren oder oberen Begrenzung der Raumforderung (Abb. 9). Bei einem kompletten Kontrastmittelstop ist die simultane kraniale und kaudale Darstellung der Tumorausdehnung mit der CT nur möglich, wenn sowohl lumbal als auch kranial Kontrastmittel appliziert wird. Eine artdiagnostische Zuordnung gelingt bei Lipomen durch die niedrigen Dichtewerte oder bei Meningeomen durch den Nachweis von Verkalkungen (54) (Abb. 9). Für Neurofibrome ist der Befund eines erweiterten Foramen intervertebrale pathognomonisch (Abb. 10). Über

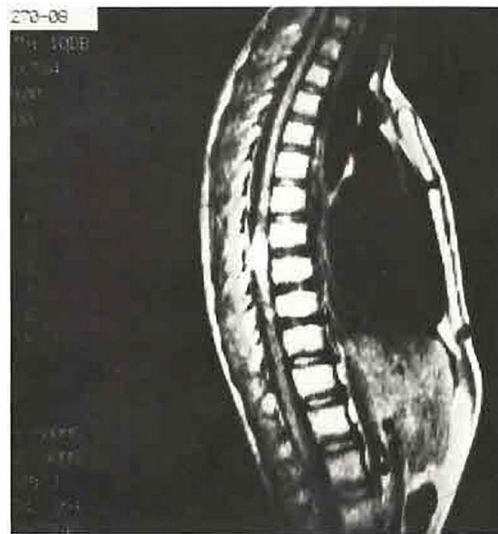
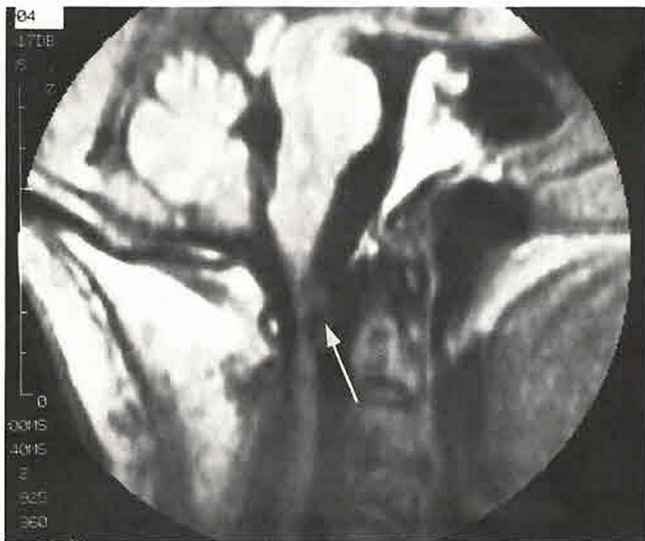


Abb. 4 Sagittales MR-Bild des Rückenmarks im SE-Verfahren: Im T1-betonten Bild (TR 500 msec, TE 40 msec) findet sich eine signalintensive Veränderung des Rückenmarks in Höhe TH 7/8. Histologisch handelt es sich um eine kavernoöses Hämangiom.

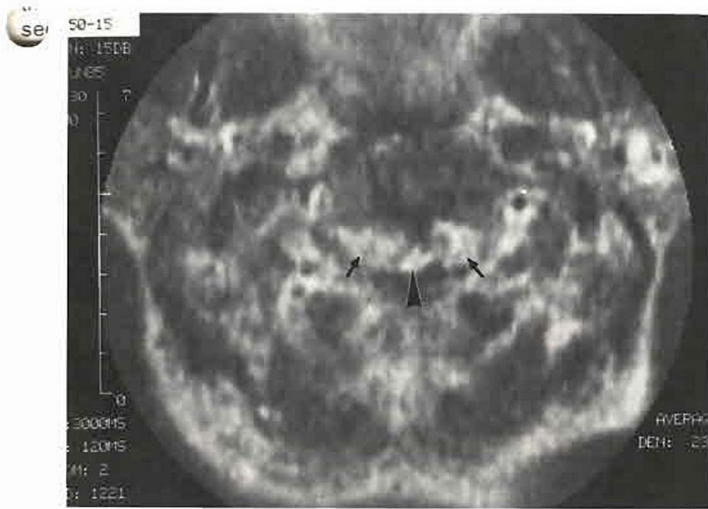


Abb. 3a und b Sagittales (a) MR-Bild, T1-betont, Schichtdicke 10 mm: Knapp unterhalb des Foramen occipitale magnum (C1/C2), dem Rückenmark breit aufsitzende Raumforderung (→), wobei das Kaliber des Rückenmarks deutlich atrophisch erscheint. Das T2-betonte axiale Bild (b) zeigt ein atrophes Rückenmark (▶), dem beidseits ventrolateral unscharf begrenzte Tumormassen anliegen (→). Es handelt sich dabei um ein histologisch gesichertes Neurofibrom. Der korrelierende CT-Befund ist in Abb. 10 dargestellt.

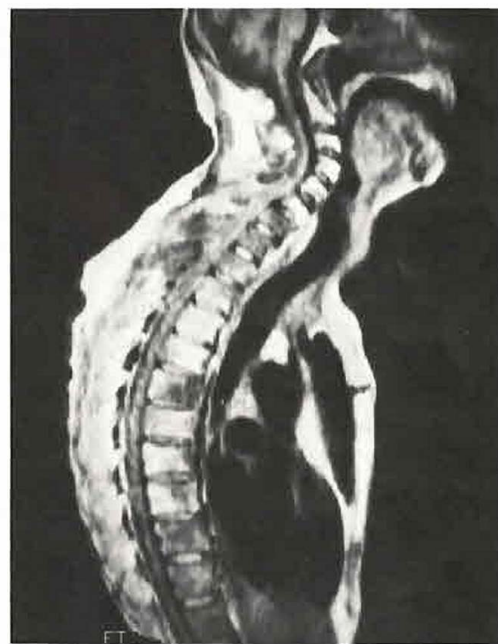


Abb. 5 Sagittales T2-gewichtetes MR-Bild im SE-Verfahren der HWS, BWS und oberen LWS: Multiple signalarme Zonen in mehreren Wirbelkörpern, die histologisch osteolytischen Metastasen eines Hypernephroms entsprechen.

den Nachweis einer arteriovenösen Mißbildung wird zwar in einigen Arbeiten berichtet (2, 54), eine endgültige Bestätigung wird jedoch meist erst mit einer digitalen Substraktionsangiographie (DSA) möglich. Für osteoklastische und osteolytische Prozesse weist die CT eine hohe Sensitivität und Spezifität auf. Zur besseren räumlichen Orientierung und lokalisatorischen Zuordnung pathologischer spinaler Prozesse bieten sich schließlich auch multiplanare Rekonstruktionen beliebig orientierter Schichten aus den Bilddaten der konventionellen axialen Aufnahmen an (2, 26).

1.3. Myelographie (18, 29)

Spinale Raumforderungen führen zu einer Behinderung der Kontrastmittelpassage. Die Eingruppierung in die Hauptka-

tegorie intradural – intramedullär, intradural – extramedullär und extradural ist aufgrund typischer Befunde in einem hohen Prozentsatz möglich (18, 29). In der Anwendung bei multiplen spinalen Herden wie bei der Neurofibromatose liegt ein Vorteil dieser Methode. Arteriovenöse Angiome zeigen sich an den girlandenförmigen, langgestreckten und gewundenen Aufhellungstreifen. Ähnliche Kontrastmittelausparungen finden sich jedoch auch bei Venenstauung ober- und unterhalb raumfordernder spinaler Prozesse.

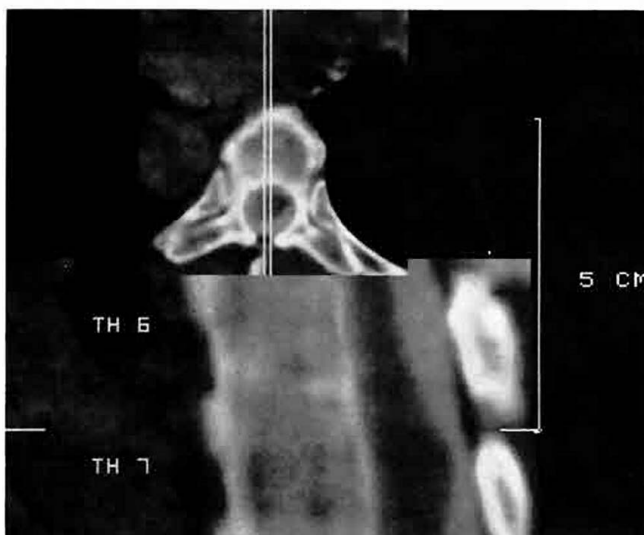
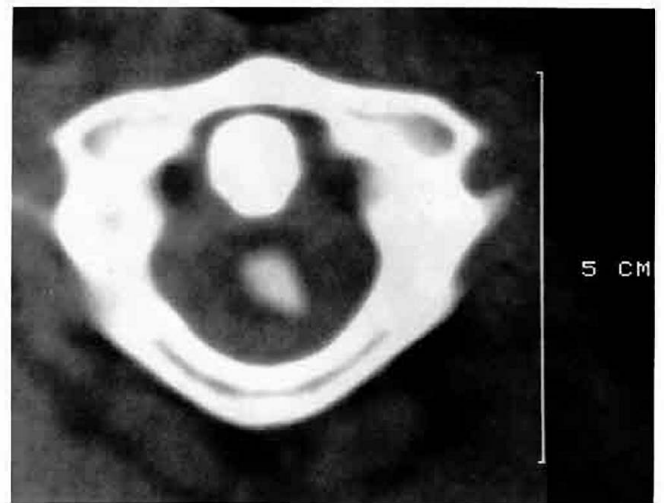


Abb. 6 a und b Stiftgliom des Rückenmarks bei einer 43jährigen Patientin: Das CT zeigt in der axialen Aufnahme (a) in Höhe BWK 7 eine massive Auftreibung des Rückenmarkes, die sagittale Rekonstruktion (b) zeigt die spindelige Form dieser Auftreibung.

Abb. 7 a und b Kommunizierende Form der Syringohydromyelie bei einer 14jährigen Patientin: Im CT zeigt die axiale Aufnahme (a) in Höhe des Atlas eine massive Auftreibung des obersten Zervikalmarkes und eine in seiner Mitte liegende, mit Kontrastmittel gefüllte Zyste. Die sagittale Rekonstruktion (b) zeigt die Ausdehnung dieser Syringomyelie nach oben, sie endet knapp unterhalb des 4. Ventrikels und steht mit ihm nicht in Verbindung.

1.4. Nativröntgenuntersuchung (8, 29, 46, 64)

Knöcherner Sekundärveränderungen an der Wirbelsäule werden in der Literatur in unterschiedlicher Häufigkeit, und zwar in 30–50%, beschrieben (8, 29). Sie ermöglichen in den meisten Fällen den Sitz und die Höhenlokalisation des Tumors zu begrenzen, stellen jedoch seltener einen spezifischen Befund dar. Fast pathognomonisch ist die Druckaufweitung des Foramen intervertebrale durch ein im Wurzelkanal gelegenes Sanduhrneurinom. Ähnliche Veränderungen sind jedoch auch bei Ganglioneuromen und Sarkomen zu finden. Langsam wachsende intraspinale Tumoren führen zu einer relativ charakteristischen Verdünnung, Deformierung und Entrundung der Bogenwurzeln, sowie insbesondere bei intramedullären Prozessen zu einer fusiformen Druckaufweitung des Spinalkanals über einige Segmente. Änderungen in der physiologischen Wirbelsäulenkrümmung sind am häufigsten bei Kindern im Rahmen bösartiger extraduraler Tu-

moren zu finden. Das Spektrum bösartiger Knochenprozesse reicht von minimalen Konturunschärfen im Frühstadium bis zur Destruktion ganzer Wirbelanteile und nachfolgender Wirbelkompression in den späteren Phasen.

1.5. Spinale Angiographie (15, 80)

Zur Sicherung einer arteriovenösen Mißbildung bzw. eines Hämangioblastoms ist die Durchführung einer spinalen Angiographie unumgänglich (15). Durch die jetzt zur Verfügung stehende digitale Subtraktionsangiographie ist eine geringere Belastung des Patienten gegeben, da weniger Kontrastmittel verwendet werden muß. Schließlich ergibt sich durch die Subtraktionstechnik auch eine bessere Darstellung der arteriellen und venösen Phase. Bei den spinalen Tumoren sind durch die Angiographie nur in seltenen Fällen zusätzliche Informationen zu erhalten.

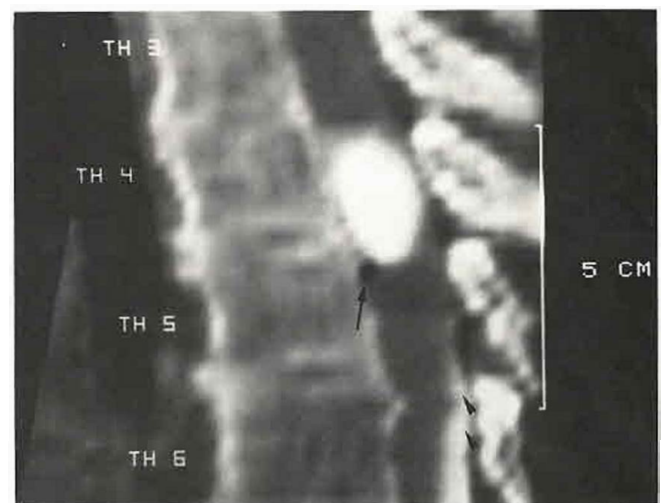
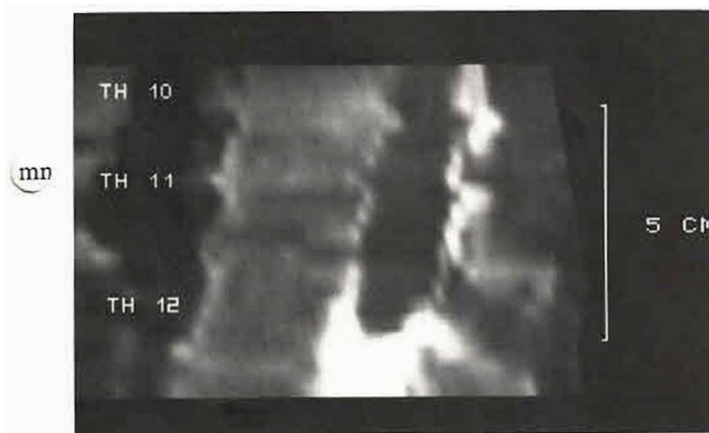
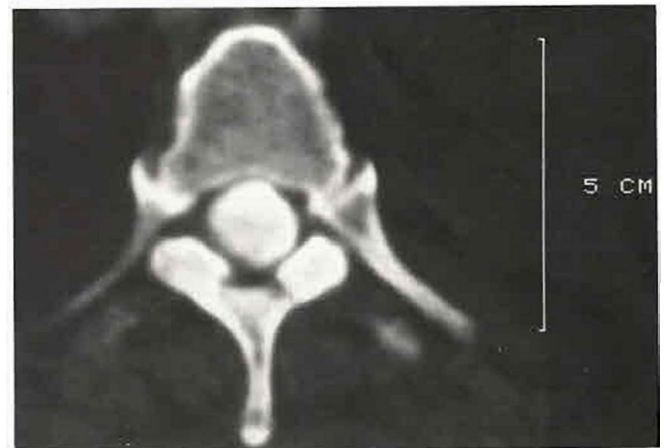


Abb. 8 a, b und c Computertomographischer Befund einer intramedullären Raumforderung im Conus medullaris: Die axialen Aufnahmen (a und b) in Höhe des BWK 12 zeigen eine massive Auftreibung des Konus mit einem inkompletten KM-Stop. Die sagittale Rekonstruktion (c) zeigt die untere Begrenzung der Raumforderung. Insgesamt dringender Verdacht auf intramedullären Tumor, die Operation ergab jedoch eine zystische Veränderung im Sinne einer nichtkommunizierenden Syringohydromyelie.

Abb. 9 a, b und c Computertomographisches Bild eines spinalen Meningeoms in Höhe Th 4/5: Die axialen Schichten in Höhe des BWK 4 und BWK 5 (a und b) zeigen einen verkalzten Tumor, der den Spinalkanal gänzlich ausfüllt. Die sagittale Rekonstruktion (c) zeigt die Ausdehnung des Tumors in der Längsachse. Wegen Lagerungsschwierigkeiten ist das KM nicht bis zum Tumor hinaufgeklommen (▶), das Rückenmark ist dadurch nicht zur Darstellung gekommen. Die untere Begrenzung des Tumors wird durch eine Luftblase angezeigt (→).

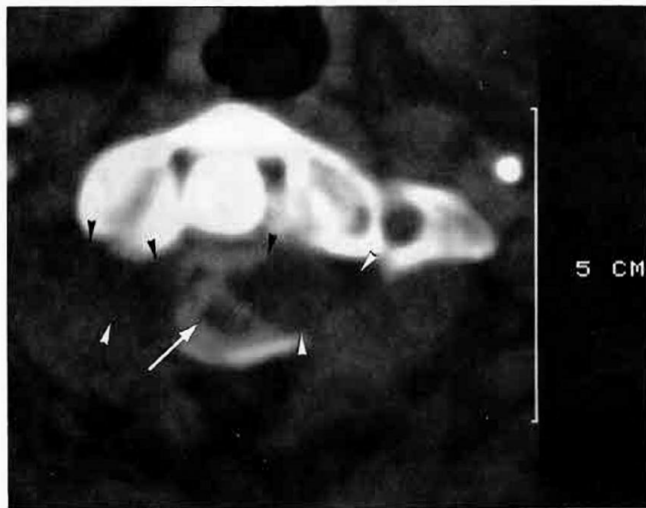
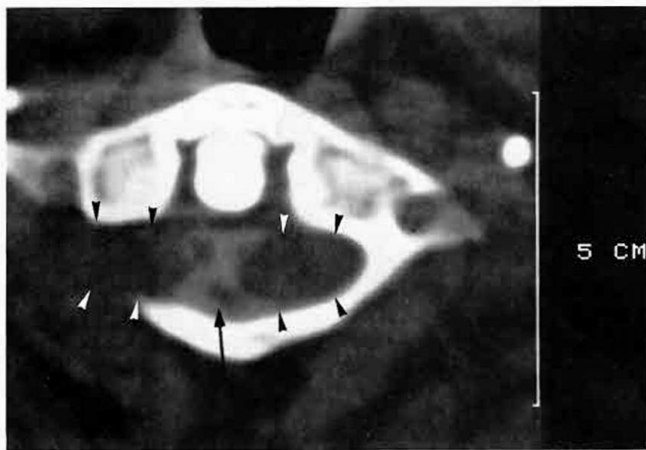


Abb. 10 a, b und c Neurinome beider Wurzeln C2 bei einem 51-jährigen Patienten: Die axialen Schichten (a und b) zeigen beidseits extradurale Raumforderungen, die den Spinalkanal jeweils von der Seite her einengen und in die erweiterten Wurzelkanäle C1/C2 reichen (►). Das Rückenmark ist atroph (->). In der koronaren Rekonstruktion (c) zeigen sich die erweiterten Wurzelkanäle C1/C2 und die auf der rechten Seite größere Raumforderung.

1.6. Somatosensorisch evozierte Potentiale (10, 27, 48)

In der Diagnostik spinaler Prozesse werden die somatosensorisch evozierten Potentiale (SEP) kurzer Latenz eingesetzt.

Sie ergeben genaue objektive und reproduzierbare Ergebnisse über die sensorischen Bahnen und sind teilweise sensitiver in der Erfassung von Abnormalitäten als die klinische Untersuchung (10). Über die technischen Details wird auf Literaturangaben verwiesen (10, 48). In der Vorfelddiagnostik eines Tumors im Bereich des Spinalkanals ist der Reizort so zu wählen, daß möglichst unterhalb der Läsionshöhe gereizt wird. Sofern die Hinterstränge betroffen sind, ergibt sich je nach Grad der Funktionsstörung eine Amplitudenreduktion oder ein Ausfall der kranialwärts abgeleiteten Reizantworten auf der korrespondierenden Seite. Zur Interpretation werden aus dem kortikalen Primärkomplex die negative Hauptablenkung N 20 nach Medianusreizung oder die Positivität P 40 nach Reizung des Nervus tibialis oder des Nervus peroneus herangezogen. Eine deutliche Latenzverzögerung spricht gegen eine Rückenmarkskompression bei spinaler Raumforderung, unabhängig davon, ob die Raumforderung intra- oder extramedullär liegt. Bei der Syringohydromyelielie sind Abweichungen der SEP nur im fortgeschrittenen Stadium zu erwarten, d. h. wenn sie mit einer Schädigung der Hinterstränge einhergeht (27).

1.7. Liquor (4, 21, 23, 39, 40, 42, 53, 75, 82, 83)

Zur raschen Beurteilung der Liquorpassage im Spinalkanal empfiehlt sich die Durchführung des einfachen Queckenstedtschen Versuches (Messung des Druckes im lumbalen Subarachnoidalraum, manuelle bilaterale Jugulariskompression, Betätigung der Bauchpresse). Ein prompter Anstieg und Abfall zum Ausgangswert spricht für eine freie Passage, ein prompter Anstieg und Abfall zu einem höheren als dem Ausgangswert wird bei einem inkompletten subarachnoidalen Block im Spinalkanal beobachtet. Ein kompletter Block zeigt einen langsameren geringeren Druckanstieg nach Jugulariskompression als nach Betätigung der Bauchpresse (23, 75). Die durch die Liquorzirkulationsstörung bedingte Gesamteiweißerhöhung übersteigt in den meisten Fällen 100 mg/dl (Sperrliquor) (75). Zur Abgrenzung der Liquorzirkulationsstörung von der Schrankenstörung kann die Präalbuminkonzentration im Liquor herangezogen werden (23, 42). Zytologisch wird bei spinalen Tumoren, Syringohydromyelielie und zervikalen Spondylosen eine leichtgradige, vorwiegend mononukleäre reaktive Pleozytose beobachtet, die selten über 10/mm³ liegt (42).

Der Nachweis von Tumorzellen ist in erster Linie von Art und Lage des Tumors abhängig. Am häufigsten wird ein positiver Tumorzellbefund im Liquor bei Lokalisation primärer oder metastatischer Neoplasien in der Nähe der inneren oder äußeren Liquorräume, insbesondere bei meningealen Blastomaten, erhoben. Weiters ist die zytologische Diagnostik bei sekundären Tumoren häufiger erfolgreich als bei primären Tumoren des ZNS (21). Darüber hinaus beeinflusst auch die Wahl der Zellanreicherungsmethode die Häufigkeit des Tumorzellnachweises (83). Eine artdiagnostische Zuordnung von Tumorzellen im Liquor ist bei Fehlen von Zellverbänden schwierig. Zytologisch gut differenzierbar sind Medulloblastome und deren Abtropfmetastasen, Germinome (Pinealome), primäre und sekundäre Melanome, primäre und sekundäre Lymphome sowie Leukosen (4, 40, 53). Bei Wirbelmetastasen ist in 3,0–13,3% der Fälle eine positive Liquorzytologie zu finden (39).

2. Entzündliche Rückenmarkserkrankungen

Als häufigste Ursache einer Myelitis ist die multiple Sklerose anzuführen, seltener virale Infektionen oder Kollagenosen. Klinisch zeigt sich eine intramedulläre Herdsymptomatik mit inkompletter bis kompletter Ausprägung des Querschnittssyndroms. Bei der spezifischen Spondylitis und dem epiduralen Abszeß finden sich die Symptome einer extraduralen Raumforderung, nicht selten assoziiert mit dem Bild einer Durchwanderungsmeningitis.

2.1. MT (3, 50, 73)

Bisher gibt es nur wenige Berichte über nachgewiesene MS-Plaques im Bereich des Rückenmarks (3,50). Mit Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses durch Anwendung von Oberflächenspulen erhält jedoch die MT zunehmend Bedeutung im Nachweis von entzündlichen Veränderungen im Bereich des Rückenmarks. Abszedierende Prozesse zeigen sich in T2-betonten Sequenzen signalintensiv und können durch die Aufnahme in allen drei Ebenen in ihrer Ausdehnung, insbesondere auch paravertrebral exakt abgegrenzt werden (73).

2.2 CT (6, 11, 41, 84, 85)

Die CT ist nicht geeignet, spinale MS-Herde nachzuweisen, in der Weltliteratur sind lediglich zwei Fälle mit einer auf i. v. Kontrastmittelgabe anspeichernden Läsion im Zervikalmark bei multipler Sklerose beschrieben worden (11, 41). Die Diagnose eines epiduralen Abszesses, welches sich in späteren Stadien auf Bandscheiben, Wirbelkörper und paravertebrales Weichteilgewebe ausbreitet, ist durch die CT in einem frühen Stadium möglich (6, 84, 85). In Abb. 11 ist der Befund einer spezifischen Spondylitis mit einem kleinen Epiduralabszeß im Kaudabereich dargestellt.

2.3–2.5. Myelographie, Nativröntgen, Angiographie (28, 60)

Bei der multiplen Sklerose sind keine positiven Befunde zu erwarten. Ein Epiduralabszeß zeigt sich myelographisch in einem inkompletten oder kompletten Kontrastmittelstop (60).

Hinsichtlich der ossären Veränderungen wird auf Übersichtsarbeiten verwiesen (28).

2.6. SEP (9, 10, 27, 48)

Der Befund einer Latenzverzögerung ist das Hauptmerkmal der SEPs bei multipler Sklerose. Nach Stimulation der oberen Extremität sind die SEPs in etwa 3/4 aller Patienten bei den verschiedenen diagnostischen Gruppen (klinisch möglich, klinisch wahrscheinlich, bzw. klinisch sicher) verändert. Bei Stimulation der unteren Extremitäten sind höhere Prozentsätze abnormer Befunde zu erheben, welche vermutlich auf die größere Menge der untersuchten Rückenmarksstrukturen zurückzuführen sind. Ungefähr 1/3 der Veränderungen der SEPs ist unilateral, 1/3 der bilateralen Veränderungen zeigt deutliche Seitenunterschiede. Patienten mit multipler Sklerose können einen Verlust der spinalen N 13 mit normaler Latenz der Skalpanantwort zeigen, der Befund ist jedoch nicht spezifisch. Entzündliche Erkrankungen des Rückenmarks mit Querschnittssymptomatik, die nicht zur Gruppe der multiplen Sklerose zählen, verhalten sich wie traumatische Schädigungen. Die SEP-Komponenten sind niederam-

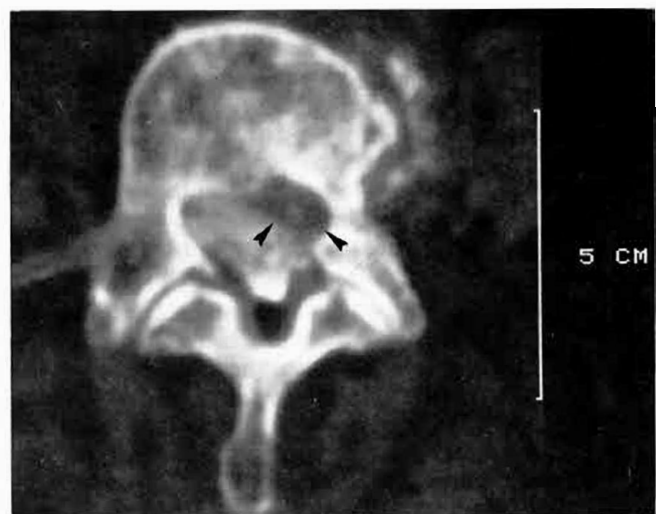
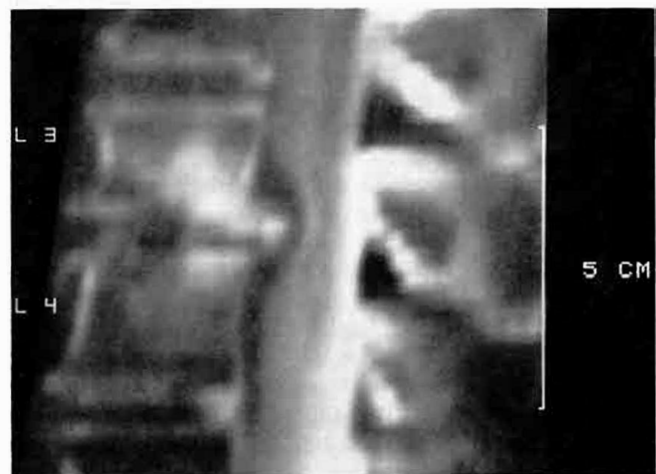


Abb. 11 a, b und c Computertomographisches Bild einer Spondylodiszitis L3/L4 bei einer 73jährigen Patientin. Das Topogramm (a) zeigt eine Destruktion des LWK 3 (→). Die sagittale Rekonstruktion (b) zeigt eine teilweise verkalkte extradurale Raumforderung im Bereich der destruierten Bandscheibe L3/L4 sowie eine fleckige Sklerosierung der Wirbelkörper L3 und L4. Die axiale Schicht (c) im Bereich L3 zeigt eine kleine extradurale Raumforderung, die den mit KM dargestellten Subarachnoidalraum von vorne her einengt. Bei der extraduralen Raumforderung handelte es sich um einen Abszeß (▶).

plitudig oder ausgefallen, aber in ihrer Latenz nicht nennenswert verzögert (9).

2.7. Liquor (12, 13, 14, 19, 22, 25, 34, 35, 45, 47, 61, 63, 68, 71, 77, 78, 81)

Bei der multiplen Sklerose stellt die intrathekale IgG-Synthese die augenfälligste Liquorveränderung dar. Sie kann quantitativ und qualitativ erfaßt werden. Der quantitative Nachweis erfolgt durch die Berechnung verschiedener Indizes, durch die Verwendung verschiedener Auswertungsdiagramme und durch die Berechnung der täglichen IgG-Syntheserate. Von den Indizes besitzt der Link-Tibbling-IgG-Index (IgG CSF/IgG S): (Alb CSF/Alb S) die größte Treffsicherheit (ca. 90%), während die Quotienten IgG/Liquorgesamteiweiß und IgG CSF/Alb CSF nur in 67 bzw. 73% der MS-Patienten pathologisch erhöht sind (35, 45, 77, 78, 81). Die Auswertung des Liquorproteinprofils kann auch mit Hilfe von Auswertungsdiagrammen erfolgen (22, 25, 63, 71), von denen das Schema nach Reiber (63) das theoretisch und empirisch am besten fundierte darstellt. Die täglich synthetisierte IgG-Menge kann mittels der Formel von Tourtelotte (78), von Schliep und Felgenhauer (71) oder der Formel nach Reiber (zitiert in 63) errechnet werden. Für den qualitativen Nachweis der intrathekalen IgG-Synthese steht eine Reihe von Methoden zur Verfügung (12, 13, 47, 81), wobei die Agarose-Gel-Elektrophorese und die isoelektrische Fokussierung die höchste Nachweisempfindlichkeit für oligoklonale Banden besitzen (85 bis 95% der MS-Fälle) (Abb. 12) (14, 19). Durch die im Anschluß an die elektrophoretische Auftrennung durchgeführte Immunfixation kann die Zugehörigkeit der oligoklonalen Banden zur IgG-Klasse gesichert werden. Können oligoklonale Banden z. B. mittels isoelektrischer Fokussierung nicht nachgewiesen werden, so kann eine chronisch entzündliche Erkrankung mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% ausgeschlossen werden (68). Im Gegensatz zu den charakteristischen Liquorproteinveränderungen sind liquorzytologische Befunde eher von untergeordneter Bedeutung. Die Gesamtleukozytenzahl beträgt in 99,7% der MS-Patienten weniger oder gleich $20/\text{mm}^3$ und liegt selten über $50/\text{mm}^3$ (81), wobei kein Zusammenhang mit der Krankheitsaktivität besteht (77). Differentialdiagnostisch besteht vorwiegend ein mononukleäres Zellbild, wobei dem Nachweis von Plasmazellen oder deren Vorstufen im Liquor nur eine begrenzte diagnostische Wertigkeit zukommt (34, 81).

Bei spinalen Verlaufsformen der Neuro-Lues findet sich ein gestörtes Liquorproteinprofil, wobei neben einer charakteristischen intrathekalen IgG-Synthese auch eine Schrankenstörung bestehen kann. Oligoklonale Banden der IgG-Klasse sind elektrophoretisch in über 90% der Fälle nachweisbar. Intrathekal synthetisiertes treponemenspezifisches IgG kann mittels des ITPA-Index (intrathecal Treponema pallidum antibody index) errechnet werden, welcher in 76–100% der spinalen Manifestationsformen der Neuro-Lues pathologisch erhöht ist (61). Bei rechtzeitig einsetzender Therapie kann es zu einer Rückbildung der Schrankenstörung und in einem geringeren Ausmaß auch der lokalen humeralen Immunreaktion kommen, welche in 80–94% positiv nachweisbar bleibt.

Bei viral bedingten Myelitiden sind häufig unspezifische entzündliche Liquorveränderungen wie Schrankenstörung, mononukleäre Pleozytose, in seltenen Fällen auch Hinweise auf eine lokale Immunglobulinsynthese zu beobachten.



Abb. 12 Nachweis oligoklonaler Banden mittels isoelektrischer Fokussierung von unkonzentriertem Liquor (L) und Serum (S) eines Patienten mit multipler Sklerose (Agarosegel, Silbernitratfärbung).

3. Vaskulär bedingte Rückenmarkserkrankungen

Die Pathogenese und Ätiologie vaskulär bedingter Myelomalazien sind heterogen. Neben der Arteriosklerose kommt den entzündlichen Gefäßprozessen etwa im Rahmen der vaskulären Lues, der para- und postinfektiösen Angiitiden sowie der Kollagenosen eine besondere Bedeutung zu. Schließlich seien extraspinale Faktoren wie Aortenaneurysma/Thrombose, kardiopulmonale Insuffizienz und Embolien genannt. Angiome führen neben einer Subarachnoidalblutung oder Hämatomyelie nicht selten zu rezidivierenden Ischämien. Klinisch besteht häufig ein A. spinalis anterior-Syndrom, aber auch komplette Querschnittssyndrome mit bevorzugtem Sitz in Höhe D3–4 (38). Die Diagnose einer vaskulären Myelopathie bzw. Myelomalazie wird nach Ausschluß sonstiger Ursachen gestellt.

3.1.–3.5. MT, CT, Myelographie, Nativröntgen, Angiographie (15, 17, 80)

Über Ergebnisse durch MT, CT, Myelographie, Angiographie bei Myelomalazien ist wenig bekannt. Auf die Bedeutung dieser Untersuchungen als Hilfsmittel für die Diagnose einer Gefäßmißbildung wurde bereits hingewiesen (siehe 1.1.–4.). Die endgültige Diagnose eines Angioms kann jedoch erst durch die selektive spinale Angiographie gestellt werden (15, 17, 80).

3.6. SEP (10, 48)

Mit geringen Latenzzunahmen der SEP's im Rahmen der akuten vaskulären Myelomalazien ist nur dann zu rechnen, wenn eine Beteiligung der Hinterstränge vorliegt. Bei einer Schädigung des Tractus spinothalamicus allein etwa im Rahmen eines A. spinalis-anterior-Syndroms sind somit normale SEP nachzuweisen.

3.7. Liquor

Bei Myelomalazien zeigt sich gelegentlich eine geringe Eiweißhöhung vom Typ der Schrankenstörung, anfangs mitunter eine leichte Pleozytose. Auf die Veränderungen bei Neuro-Lues wurde bereits hingewiesen (siehe 2.7.). Arteriitiden anderer Genese wie z. B. Perarteriitis nodosa, systemischer Lupus erythematoses zeigen in der akuten Krankheitsphase eine unspezifische mononukleäre Pleozytose und Eiweißhöhung.

4. Degenerative Wirbelsäulen- und Rückenmarkserkrankungen

Bei den degenerativen Wirbelsäulenprozessen bestehen klinisch die bekannten Lokalsymptome wie das Zervikalsyndrom, Dorsalgie – oder Lumbago-Syndrom. Eine zusätzliche Wurzelkompression – am häufigsten durch eine Diskushernie – führt zu den typischen radikulären Symptomen. Die degenerativen Systemerkrankungen des Rückenmarks zeigen abhängig von der Mitbeteiligung der verschiedenen Bahn- und Kernsysteme ein uniformes klinisches Bild.

4.1.–3. MT (31, 49, 52), CT (24, 30, 33, 86), Myelographie (16)

In der MT stellt sich der Nucleus pulposus der normalen Bandscheibe im T2-betonten Bild signalintensiv dar. Degenerierte Bandscheibenprozesse können durch die MT bereits in einem sehr frühen Stadium nachgewiesen werden. Sie weisen aufgrund des geringen Wassergehaltes eine verminderte Signalintensität auf. Um Bandscheibenprotrusionen und Hernien im Magnetogramm darzustellen, wird der Liquor mit längeren Repetitions- und Spinechozeiten als heller Hintergrund für die dunklen, protonenarmen Bandscheibenränder wiedergegeben, welche in den Rückenmarkskanal ragen (Abb. 13). Gegenüber der CT kommt der MT derzeit noch eine etwas geringere Spezifität zu, da vorwiegend noch Schwierigkeiten in der Differenzierung einer prolabierten Bandscheibe von osteophytären Reaktionen des Wirbelkörpers gegeben sind (31, 49, 52). Durch Verwendung von Oberflächenspulen sind jedoch weitere Verbesserungen für die Bandscheibendiagnostik zu erwarten. Die Computertomographie weist für den Bandscheibenvorfall eine Treffsicherheit von über 90% auf (33) und übertrifft damit auch die Myelographie (33, 86). Eine Vertebrostenose des Lumbalbereiches, die nicht selten mit einer sog. Pseudoclaudicatio intermittens der Cauda equina einhergehen kann, ist in den Nativröntgenaufnahmen bereits durch einen geringen sagittalen Durchmesser des Lumbalkanals gekennzeichnet. Durch die axialen Aufnahmen in der Computertomographie ist dies ebenfalls genau zu dokumentieren, myelographisch findet sich nicht selten eine inkomplette bis komplette Passagebehinderung. In Abb. 14 ist der enge Spinalkanal im Zervikalbereich in mediansagittaler Schnittebene magnetomographisch durch eine sichtbare Bedrängung des Rücken-

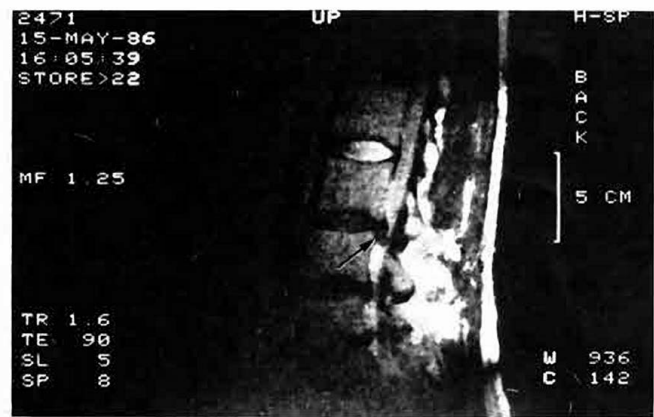


Abb. 13 Sagittales T2-betontes MR-Bild im LWS-Bereich unter Verwendung einer Oberflächenspule: Verminderte Signalintensität in den Bandscheibenräumen L3/L4, L4/L5 und L5/S1 als Hinweis für degenerative Bandscheibenprozesse. In Höhe L3/L4 typisches Bild eines Diskusprolaps mit Eindellung des Subarachnoidalraumes (→).



Abb. 14 Sagittales MR-Bild, T1-betont: Typisches Bild einer zervikalen Myelopathie mit deutlicher ventraler Eindellung der Medulla in Höhe HWK 5. Es besteht eine Subluxation C5/C6 mit einer deutlich degenerierten Bandscheibe.

marks dokumentiert. Bei Systemerkrankungen des Rückenmarks sind durch die angeführten Untersuchungsmethoden keine spezifischen Befunde zu erheben.

4.4.–5. Nativröntgen (28, 72), Angiographie

Hinsichtlich der typischen Befunde bei Diskopathien sei auf Übersichtsarbeiten bzw. Literaturangaben verwiesen (28, 72).

4.6. SEP (48, 56, 58, 76)

Die zervikale Myelopathie zeigt bei Medianusreizung normale erste Komponenten der Nackenantwort, während die späteren Komponenten (N 11, N 13) verzögert, amplitudenreduziert oder ausgefallen sein können; die Skalpantwort

N 20 ist dagegen nur amplitudenreduziert. In Kombination mit einer leicht verlängerten Latenz der SEP nach N. tibialis-Reizung gilt dieser Befund als typisch für die zervikale Myelopathie (56). Bei der spastischen Spinalparalyse finden sich niederamplitudige Antworten ohne signifikante Latenzverzögerungen (58, 76), bei der Friedreichschen Ataxie ist die Fortleitung der sensiblen Impulse der Hinterstränge verzögert, die Skalpantwort kommt gewöhnlich spät und ist verbreitert (58).

4.7. Liquor

Bei Diskushernien ist in ca. 30–40% der Fälle eine Gesamteiweißerhöhung im Sinne einer Liquorzirkulationsstörung zu beobachten. Bei den degenerativen Systemerkrankungen wie z. B. der Friedreichschen Ataxie zeigen sich gelegentlich geringe Eiweißerhöhungen, die auf eine proportionale Schrankenstörung zurückzuführen sind.

5. Traumatische Rückenmarksläsionen

Man unterscheidet gedeckte und offene Rückenmarksverletzungen. Durch Wirbelkörperfragmente können Kontusionen auftreten, in Ausnahmefällen auch eine partielle oder totale Durchtrennung der Medulla spinalis erfolgen. Luxiertes Diskusmaterial, aber auch epidurale Hämatoome können das Rückenmark zusätzlich komprimieren.

5.1. MT (3)

In der Akutphase ist die MT-Untersuchung wegen der längeren Meßzeiten und den Problemen beim Monitoring nicht befriedigend durchführbar, so daß derzeit keine Erfahrungen vorliegen. Die wichtigste Anwendung ergibt sich derzeit in der Diagnosestellung der posttraumatischen Syringohydromyelie (3). Akute und chronische epidurale spinale Hämatoome stellen sich in T1 und T2-betonten Bildern signalintensiv dar.

5.2. CT (7, 51)

Die CT stellt die neurotraumatologische Untersuchungsmethode der Wahl dar. Sie ist im besonderen Maße geeignet Frakturen, in den Spinalkanal verlagerte Knochenfragmente und Diskusmaterial zu erkennen (7) (Abb. 15). Dies gilt auch für die akuten und chronischen (82) extraduralen Hämatoome. Wurzelaustritte können nur nach intrathekalen KM-Gabe sicher diagnostiziert werden (Abb. 16). Auf die Verifizierung einer posttraumatischen Syringohydromyelie wurde bereits hingewiesen (siehe 1.2.).

5.3.–5. Myelographie, Nativröntgen, Angiographie

In der Klärung inkompletter oder kompletter traumatischer Rückenmarksläsionen wurde die Myelographie durch die CT weitgehend verdrängt. Nativröntgenuntersuchungen kommen bei allen Rückenmarks- und Wirbelsäulenerkrankungen zur Anwendung. Dabei führen schwerste Luxationsfrakturen mit erheblicher Dislokation nicht regelmäßig zu einer kompletten Rückenmarksdurchtrennung, andererseits werden bei etwa 1/4 der Rückenmarksverletzungen unauffällige Röntgenbilder gewonnen. Angiographische Untersuchungen kommen im allgemeinen nicht zur Anwendung.

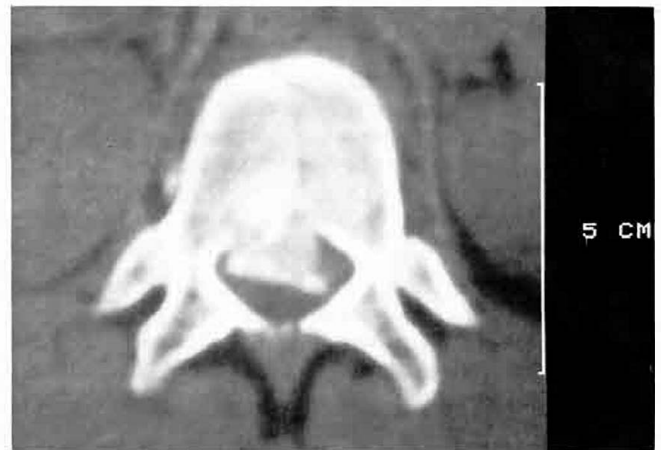


Abb. 15a und b Computertomogramm einer Kompressions-, Luxationsfraktur des BWK 12: Die axiale Schicht (a) in der Höhe des BWK 12 zeigt ein oberes Hinterwandfragment, welches den Spinalkanal um etwa 2/3 seines Lumens von vorne her einengt. Die sagittale Rekonstruktion (b) zeigt sowohl die Kompression des BWK 12 als auch das obere Hinterwandfragment.

5.6.–7. SEP (10, 44, 59, 65, 87), Liquor

Traumatische Querschnittsläsionen können zu einem völligen Ausfall der SEP nach Reizung von Hautarealen oder von peripheren Nerven, die kaudal der Läsion liegen, führen (83, 84, 85). Bei inkompletten Querschnittssyndromen sind die SEP anfänglich vielfach verzögert, sie kehren dann aber zur normalen Latenz zurück (59). Erhaltene SEP können, auch wenn sie niederamplitudig sind, als prognostisch günstiges Zeichen angesehen werden (10), zumindest zeigen sie eine Restfunktion des Rückenmarks an. Besonders in der frühen Phase des Querschnittssyndroms können die SEPs als wichtige Entscheidungshilfe dafür angesehen werden, ob das Rückenmark total durchtrennt oder nur schwer geschädigt ist (Abb. 17). Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß mit der Methode der SEPs nur die Funktionsfähigkeit der Hinterstränge überprüft werden kann. Die motorisch evozierten Potentiale nach transkranieller Stimulation der motorischen Hirnrinde dürften in Zukunft zu einer klinisch anwendbaren Methode entwickelt werden, mit der weitere Areale des Rückenmarks funktionell untersucht werden können (44).

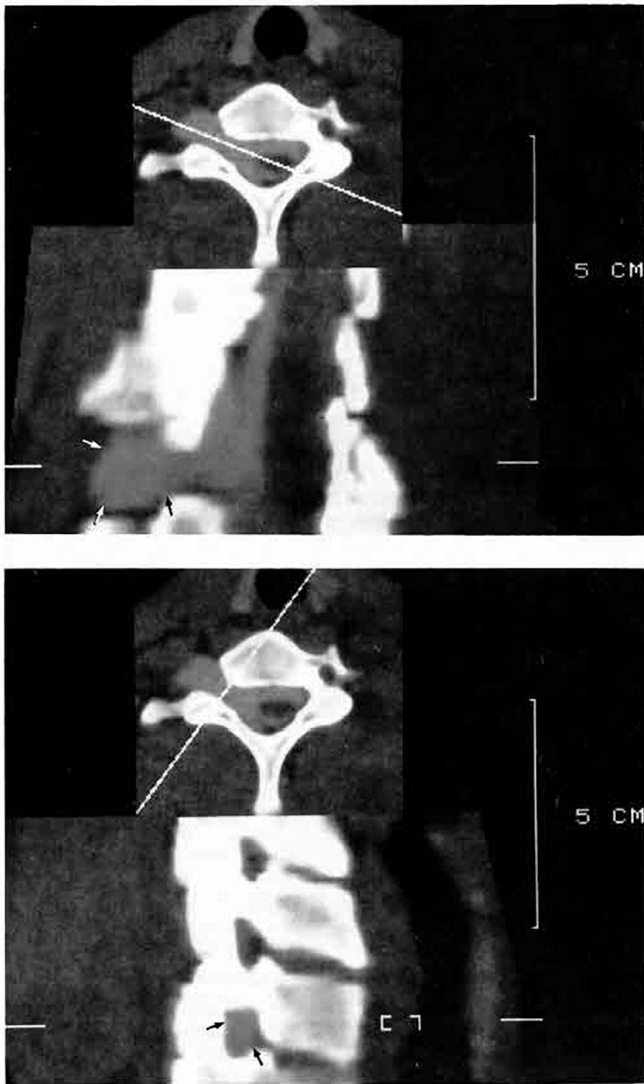


Abb. 16 a und b Nachweis eines Wurzelaustrisses C8: Das Computertomogramm zeigt in den schrägen (a) und queren (b) Rekonstruktionen durch den Wurzelkanal eine deutliche Erweiterung der mit KM dargestellten Wurzelscheide C8 links (→), welche bis in den paravertebralen Raum nach außen zu verfolgen ist.

Diskussion

Sofern bei der Abklärung eines spinalen Prozesses die differentialdiagnostischen Erwägungen ein breites Spektrum neurologischer Erkrankungen umfassen, ist in jedem Fall zunächst eine Nativröntgenuntersuchung der Wirbelsäule und eine Liquoranalyse vorzunehmen. Röntgenologisch werden degenerative, traumatische und entzündliche Wirbelsäulenveränderungen erfaßt, sowie Hinweise für sog. indirekte Tumorzeichen erhalten. Durch die Liquoruntersuchung können Blutungen oder Entzündungen sicher nachgewiesen bzw. ausgeschlossen werden. Bei einigen geschwulstartigen Erkrankungen, wie z.B. bei malignen Lymphomen oder der Meningeosis carcinomatosa, ist oft erst durch die Liquorzytologie eine Artdiagnose möglich. Eine Eiweißvermehrung bei normaler Zellzahl und der Nachweis einer Passagebehinderung im Queckenstedtschen Versuch verstärkt den Ver-

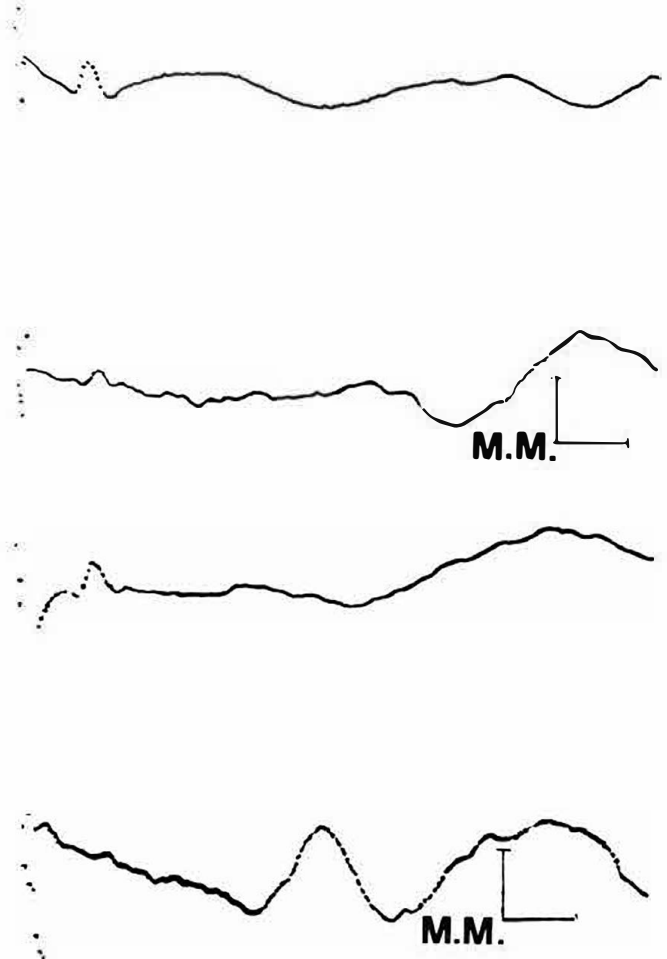


Abb. 17 a und b Spinale (oberer Kanal) und Skalppantwort (unterer Kanal) einer 23jährigen Patientin mit inkomplettem Querschnittssyndrom in der Höhe L1 nach linksseitiger N. tibialis-Stimulation (a); die normale Antwort über den dritten Lendenwirbel-dornfortsatz zeigt die Integrität des peripheren Nervensystems bis zu dieser Höhe an. Die positive Hauptablenkung der Skalppantwort (P40) ist mit 60 msec deutlich verzögert, die Antwort selbst verbreitert. Die spinale (oberer Kanal) und die Skalppantwort (unterer Kanal) nach rechtsseitiger N.-tibialis-Stimulation (b) zeigt ebenfalls eine normale Antwort über dem 3. Lendenwirbel-dornfortsatz, aber auch eine mit 33 msec im Normbereich liegende positive Hauptablenkung über dem Skalp (C2).

dacht auf einen raumfordernden spinalen Prozeß. Dies erfordert als nächsten Schritt die Durchführung einer Myelographie, CT oder MT-Untersuchung. Der MT kommt dabei eine zunehmende Bedeutung zu. Sie weist bereits durch die Anwendung des „Multiecho“- und des „Multislice“-Verfahrens die höchste Sensitivität im Nachweis spinaler Tumoren auf (1, 31, 37). Durch keine andere Methode ist die Unterscheidung von soliden und zystischen intramedullären Prozessen sowie die Darstellung der kraniokaudalen Ausdehnung der Läsion möglich. Die Diagnose einer Syringohydromyelie ist durch die MT sicherzustellen (1, 43). Der Vorteil gegenüber der Myelographie und der CT-Untersuchung ist auch dadurch gegeben, daß ein Tumor dreidimensional mit seiner oberen und unteren Begrenzung darzustellen ist. Da es sich bei der MT-Technik schließlich um ein nichtinvasives

Verfahren handelt, ist eine Reduzierung der invasiven KM-Diagnostik in Zukunft abzusehen.

Die Diagnose eines Angioms bzw. dessen Abgrenzung gegenüber Rückenmarkstumoren wird mit den angeführten Imaging-Verfahren nicht immer möglich sein. Hier wird erst die selektive Angiographie der spinalen Gefäße Klarheit bringen.

Bei der multiplen Sklerose ist der Nachweis einer autochthonen IgG-Synthese der entscheidende Befund. Auch die somatosensorisch evozierten Potentiale und Änderungen in den visuell evozierten Potentialen werden in vielen Fällen zur richtigen Diagnose beitragen. Der Nachweis von MS-Plaques ist erstmals durch die MT möglich geworden, so daß die oft schwierige Differenzierung der primär chronischen spinalen Verlaufsform der multiplen Sklerose gegenüber spinalen Tumoren erleichtert wird. Dies gilt im besonderen auch für die Abgrenzung von raumfordernden Prozessen des kraniozervikalen Überganges, welche durch wechselnde bulbopontine und medulläre Symptome ein mehrherdiges Krankheitsbild imitieren können.

Bei Wirbelsäulenverletzungen kommt der konventionellen Nativröntgenuntersuchung nach wie vor eine wichtige Bedeutung zu. Im Nachweis intraspinaler Knochenfragmente, extraduraler Hämatome, Diskusmaterial und im Nachweis einer Hämatomyelie ist die CT im Vergleich zu den übrigen neuroradiologischen Methoden führend. Nicht zuletzt kann in der Akutphase durch die CT-Untersuchung somit die richtige Entscheidung zu einem sofortigen operativen Eingriff getroffen werden. In der Rehabilitationsphase des traumatischen Querschnittssyndroms stellen die SEP eine wichtige Hilfe für die Prognoseerstellung dar. Zur Sicherung einer posttraumatischen Syringohydromyelie ist die MT die Untersuchungsmethode der Wahl.

Für die Diagnostik des Bandscheibenvorfalles ist in erster Linie die klinische Symptomatik mit dem klar abgrenzbaren radikulären Syndrom anzuführen. Im Nachweis einer Diskushernie kommt derzeit der CT-Untersuchung die höchste Spezifität zu (33, 49, 86). Die MT wird jedoch diesbezüglich der CT gegenüber ein zunehmendes konkurrierendes Verfahren sein, da mit der Anwendung von Oberflächenspulen eine höhere Auflösung zu erwarten ist (20). Die konventionellen neuroradiologischen Untersuchungen einschließlich der Myelographie und Diskographie sind durch die modernen Imaging-Verfahren reduziert und teilweise schon ersetzt worden.

Neben dem diagnostischen Aussagewert einer Methode ist nicht zuletzt auch die Nichtinvasivität in Rechnung zu stellen. Die Anwendung der verschiedenen diagnostischen Verfahren bei der Abklärung von Rückenmarksprozessen muß schließlich auch immer mit Blickrichtung auf die neurochirurgische, strahlentherapeutische und medikamentöse therapeutische Konsequenz mitbestimmt werden. Unabdingbare Voraussetzung für den gezielten Einsatz der Zusatzuntersuchungen ist und bleibt die detaillierte Anamneseerhebung und der exakte neurologische Befund.

Literatur

- Aichner, F., F. Gerstenbrand, W. Huk, A. Pallua: NMR-Tomographie in der Diagnostik der Syringohydromyelie. *Nervenarzt* 55 (1984) 324–327.
- Aichner, F., U. Mayr, G. Degenhart: Eine neue dreidimensionale Bild-darstellung in der Computertomographie. *Fortschr. Röntgenstr.* 142, 4 (1985) 395–398
- Aichner, F., W. Poewe, W. Rogalsky, K. Walhnofer, J. Willeit, F. Gerstenbrand: Magnetic resonance imaging in the diagnosis of spinal cord diseases. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.* 48 (1985) 1220–1229
- Aichner, F., G. Schulter: Primary leptomeningeal melanoma. *Cancer* 50 (1982) 1751–1756.
- Bonafe, A., R. Ethier, D. Melancon, G. Belanger, T. Peters: High resolution computed tomography in cervical syringomyelia. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 4 (1980) 42–47
- Bouchez, B., G. Arnott, J. M. Delfosse: Acute spinal epidural abscess. *J. Neurology* 231 (1985) 343–344
- Brant-Zawadzki, M., E. M. Miller, M. Federle: CT in the evaluation of spine trauma. *AJR* 36 (1981) 369–375
- Broager, B.: Spinal neurinoma. *Acta Psychiatr. Scand. suppl.* 85 (1953) 1–241
- Caccia, M. R., E. Ubiali, L. Andreussi: Spinal evoked responses recorded from the epidural space in normal and diseased humans. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.* 39 (1976) 962–972
- Chiappa, K. H., A. H. Ropper: Evoked potentials in clinical medicine. *N. Eng. J. Med.* 306 (1982) 1205–1211
- Coin, C. G., A. Hucks-Follis: Cervical computed tomography in multiple sclerosis with spinal cord involvement. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 3 (1979) 421–422
- Delmotte, P.: Gel isoelectric focussing of cerebrospinal fluid proteins: a potential diagnostic tool. *Zschr. Klin. Chem. Klin. Biochem.* 9 (1971) 334–336
- Delmotte, P., H. Carton: Electrophoresis of CSF proteins. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 83 (1981) 183–207
- Delmotte, P., R. Gonsette: Biochemical findings in multiple sclerosis. IV. Isoelectric Focussing of the CSF gamma globulin in multiple sclerosis (262 cases) and other neurological diseases (272 cases). *J. Neurol.* 215 (1977) 27–37
- Di Chiro, G., J. Doppman, A. K. Ommaya: Selective arteriography of arteriovenous aneurysms of spinal cord. *Radiology* 88 (1967) 1065–1077
- Di Chiro, G., D. Schnellinger: Computerized tomography of spinal cord after lumbar intrathecal introduction of metrizamide (computer assisted myelography). *Radiology* 120 (1976) 101–104
- Di Chiro, G., L. Werner: Angiography of the spinal cord. A review of contemporary techniques and applications. *J. Neurosurg.* 39 (1971) 1.
- Du Boulay, G.: Myelography. In: *Handbook of Clinical Neurology*, Vol. 19; 179–203. Ed. by P. J. Vinken and G. W. Bruyn. North-Holland Publ. Co. Amsterdam 1975
- Ebers, G. C.: Oligoclonal banding in MS. In: *Multiple Sclerosis: Experimental and clinical aspects*. Ed. by Scheinberg, L., C. S. Raine. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* Vol. 436 (1984) 206–212
- Edelman, R. R., G. M. Shoukimas, D. D. Stark, K. R. Davis, P. F. J. New, S. Saini, D. I. Rosenthal, G. L. Wismer, T. J. Brady: High-resolution surface-coil imaging of lumbar disc disease. *AJNR* 6 (1985) 479–485
- Engelhardt, P., R. Lorenz: Primäre Hirntumoren, In: *Cerebrospinalflüssigkeit-CSF*, S. 41–43, Hrsg. Dommasch, D., H. G. Mertens. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1980.
- Felgenhauer, K.: Differentiation of the humoral immune response in inflammatory diseases of the CNS. *J. Neurol.* 228 (1982) 223–237
- Fishman, R. A.: *Cerebrospinal fluid in diseases of the nervous system*. S. 148–151. W. B. Saunders. Philadelphia–London–Toronto 1980
- Fries, J. W., D. A. Abodeely, J. G. Vijungco, U. L. Yeager, W. R. Gaffey: Computed tomography of herniated and extruded nucleus pulposus. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 6 (5) (1982) 874–887
- Ganrot, K., C. B. Laurell: Measurement of IgG and albumin content of CSF and its interpretation. *Clin. Chem.* 20 (1974) 571–573

- 26 Glenn, W.V., M.L. Rhodes, E.M. Altschuler, L.L. Wiltse, C. Kostanke, J.M. Kuo: Multiplanar display computerized body tomography application in the lumbar spine. *Spine* 4 (1979) 282–352
- 27 Green, J.B., S. McLeod: Short latency somatosensory evoked potentials in patients with neurological lesions. *Arch. Neurol.* 36 (1979) 846–851
- 28 Greenfield, G.B.: Radiology of bone diseases. 3rd ed Philadelphia, J.B. Lippincott 1975.
- 29 Guidetti, B., A. Fortuna: Differential diagnosis of intramedullary and extramedullary tumours. In: Handbook of Clinical Neurology. Vol. 19: 51–75 Ed. by P.J. Vinken and G.W. Bruyn. North-Holland Publ. Co. Amsterdam 1975
- 30 Hammerschlag, S.B., S.M. Wolpert, B.L. Carter: Computed tomography in the diagnosis of spinal canal. *Radiology* 121 (1976) 361–367
- 31 Han, J.S., B. Kaufmann, E.L. Youself, J.E. Benson, Ch.T. Bonstelle, R.J. Alfidi, J.R. Haaga, H. Yeung, R.G. Huss: NMR imaging of the spine. *AJNR* 4 (1983) 1151–1159
- 32 Handel, S., R. Grossman, M. Sarwar: Computed tomography in the diagnosis of spinal cord astrocytoma. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2 (1978) 226–228
- 33 Haughton, V.M., O.P. Eldevik, B. Magnaes, P. Amundsen: A prospective comparison of computed tomography and myelography in the diagnosis of herniated lumbar discs. *Radiology* 142 (1983) 103–110
- 34 Herndon, R.M., J. Kasekow: Electron microscopic studies of cerebrospinal fluid sediment in demyelinating disease. *Ann. Neurol.* 4 (1978) 515–523
- 35 Hershey, L.A., J.L. Trotter: The use or abuse of the CSF. IgG-profile in the acute: A practical evaluation. *Ann. Neurol.* 8 (1980) 426–434
- 36 Huffmann, G.: Ungewöhnliche Symptomatik raumfordernder spinaler Prozesse. *Nervenarzt* 36 (1965) 74
- 37 Hyman, R.A., J.H. Edwards, S.J. Vacirca, H.L. Stein: 0.6 T MR imaging of the cervical spine: multislice and multiecho techniques. *AJNR* 6 (1985) 229–236
- 38 Jellinger, K.: Zur Orthologie und Pathologie der Rückenmarksdurchblutung. Springer Verlag, Wien 1966
- 39 Jellinger, K., R. Weiss: Liquorzytologie von ZNS-Geschwülsten. Leukosen und Lymphomen. In: Fortschritte der technischen Medizin in der neurologischen Diagnostik und Therapie. Gemeinsame Arbeitsstagung der Deutschen Gesellschaft für Neurologie und der Gesellschaft österreichischer Nervenärzte und Psychiatern. Hrsg. Reisner, H., G. Schnaberth. Wien 1980
- 40 Kölmel, H.W.: Liquorzytologie. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1978
- 41 Latack, J.T., T.O. Gabrielsen, J.E. Knake, St. S. Gebarski, K. Dorovini-Zis: Computed tomography of spinal cord necrosis from multiple sclerosis. *AJNR* 5 (1984) 485–487
- 42 Laterre, E.C.: Cerebrospinal fluid. In: Handbook of Clinical Neurology. Vol. 19: 125–138, Ed. by P.J. Vinken and G.W. Bruyn. North-Holland Publ. Co. Amsterdam 1975
- 43 Lee, C.P., R.D. Zimmermann, J.J. Manning, M.D.F. Deck: MR imaging of syringomyelia and hydromyelia. *AJNR* 6 (1985) 221–228
- 44 Levy, W.J., D.H. York, M. McCaffrey, F. Tanzer: Motor evoked potentials from transcranial stimulation of the motor cortex in human. *Neurosurgery* 15 (1984) 287–302
- 45 Link, H., G. Tibbling: Principles of albumin and IgG analyses in neurological disorders. II. Evaluation of IgG synthesis within the CNS in MS. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 37 (1977) 397–401
- 46 Lombardi, G., A. Passarini: Spinal cord tumours. *Radiology* 76 (1961) 381–391
- 47 Löwenthal, A., M. Vansande, D. Karcher: The differential diagnosis of neurological diseases by fractionating electrophoretically the CSF proteins. *J. Neurochem.* 6 (1960) 51–60
- 48 Lowitsch, K., K. Maurer, H. Ch. Hopf: Evozierte Potentiale in der klinischen Diagnostik. Thieme, Stuttgart 1983
- 49 Marvilla, K.R., P. Lesh, J.C. Weinreb et al.: Magnetic resonance imaging of the lumbar spine with CT correlation. *AJNR* 6 (1985) 237–245
- 50 Maravilla, K.R., J.C. Weinreb, R. Suss, R.L. Nunnally: Magnetic resonance demonstration of multiple sclerosis plaques in the cervical cord. *AJNR* 5 (1984) 685–689
- 51 Mayr, U., L. Saltuari, J. Willeit, K. Twerdy: Chronic lumbar extradural haematoma, a case report with CT-findings. In: Neuroimaging. Ed. by F. Gerstenbrand, N. Greevic, F. Aichner: Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1985
- 52 Modic, M.T., M.A. Weinstein, W. Pavlicek, D.L. Starnes, P.M. Duchesneau, F. Boumpfrey, R.J. Hardy: Nuclear magnetic resonance imaging of the spine. *Radiology* 148 (1983) 757–762
- 53 Müller, H.A., D. Dommasch: Vergleich histopathologischer und liquorzytologischer Befunde bei primären und sekundären Tumoren der Meningen. In: Cerebrospinalflüssigkeit – CSF. S. 43–45. Hrsg.: Dommasch, D., H.G. Mertens. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1980
- 54 Nakagawa, H., Y.P. Huang, L.J. Malis, B.S. Wolf: Computed tomography of intraspinal and paraspinal neoplasm. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1 (1977) 377–390
- 55 Nasher, H.C., J.H.E. Nau, U. Reinhardt: Computer tomographic evaluation of cervical astrocytoma. *Eur. Neurol.* 22 (1983) 447–450
- 56 Noel, P., J.E. Desmedt: Cerebral and far-field somatosensory evoked potentials in neurological disorders involving the cervical spinal cord, brainstem, thalamus and cortex. In: Clinical use of cerebral brainstem and spinal somatosensory evoked potentials. Ed. by Desmedt, Karger, Basel 1980
- 57 Norman, D., C.M. Mills, M. Brant-Zawadzki, A. Yeates, I.E. Crooks, L. Kaufman: Magnetic resonance imaging of the spinal cord and canal: potentials and limitations. *AJNR* 5 (1984) 9–14
- 58 Pederson, L., W. Trojaborg: Visual, auditory and somatosensory pathway involvement in hereditary cerebellar ataxia, Friedreich's ataxia, and familial spastic paraplegia. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 52 (1981) 283–297
- 59 Perot, P.L.: The clinical use of somatosensory evoked potentials in spinal cord injury. *Clin. Neurosurg.* 20 (1973) 367–381
- 60 Philipps, G.E., A. Jefferson: Acute epidural abscess. Observation from fourteen cases. *Postgrad. Med. J.* 55 (1979) 712–715
- 61 Prange, H.W., II. Moskophidis, II. Schipper, F. Müller: Relationship between neurological features and intrathecal synthesis of IgG antibodies to Treponema pallidum in untreated and treated human neurosyphilis. *J. Neurol.* 230 (1983) 241–252
- 62 Quiroga, O., F. Matozzi, M. Beranger, S. Nazarian, J. Cambarelli, G. Salamon: Normal CT anatomy of the spine. *Neuroradiology* 24 (1982) 1–6
- 63 Reiber, H.: The discrimination between different blood CSF barrier dysfunction and inflammatory reaction of the CSF by a recent evaluation graph for the protein profile of CSF. *J. Neurol.* 224 (1980) 89–99
- 64 Roulleau, J., C. Manelfe: Plain X-ray diagnosis of tumours of the spinal canal and column. In: Handbook of Clinical Neurology. Vol. 19: 139–177. Ed. by P.J. Vinken and G.W. Bruyn. North-Holland Publ. Co. Amsterdam 1975
- 65 Rowed, D.W., A. McLean, C.H. Tutor: Somatosensory evoked potentials in acute spinal cord injury: prognostic value. *Surg. Neurol.* 9 (1978) 203–210
- 66 Russel, D.S., G.J. Rubinstein: Pathology of the tumours of the nervous system. Arnold, London 1977
- 67 Satamiemi, K.A., J. Pyhtinen, V.V. Myllylä: Computed tomography in the diagnosis of syringomyelia. *Acta Neurol. Scand.* 68 (1983) 121–127
- 68 Schipper, H., H. Reiber, H.J. Bauer: Oligoclonales IgG im Liquor von MS-Patienten. Proc. IV sputh East Europ. Neuropsychiatr. Conf. III, (1981) 59–68
- 69 Schliack, H., A. Schulze: Sanduhrneurinom, 37 Jahre als Multiple Sklerose verkannt. *Med. Klinik* 60 (1969) 19
- 70 Schliack, H., D. Stille: Clinical symptomatology of intraspinal tumours. In: Handbook of Clinical Neurology. Vol. 19: 23–49.

Fortschritte der Neurologie · Psychiatrie

Herausgegeben von:

U. H. Peters, Köln
K. Heinrich, Düsseldorf
B. Neundörfer, Erlangen

Begründet von:

A. Bostroem
und J. Lange

Sonderdruck

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