

Post-pneumencephalographische Langzeitkontrollen der Gasresorption bei Erweiterungen der intrakraniellen Liquorräume

S. Bockenheimer¹ und K. Voigt²

¹ Psychiatrische und Nervenklinik der Universität Freiburg, Hauptstraße 5, D-7800 Freiburg/Br.

² Abteilung für Neuroradiologie der Universität Tübingen, Röntgenweg 11, D-7400 Tübingen,
Bundesrepublik Deutschland

Long-Term Follow-Up Study of the Absorption of Gas after Encephalography in Dilated Intracranial Cerebrospinal Fluid Spaces

Summary. The absorption of gas after encephalography in different groups of patients was investigated in a long-term follow-up study. Group I (11 patients) showed no pathological findings in the encephalogram. Group II (8 patients) had encephalographic signs of diffuse cerebral atrophy. Group III (7 patients) demonstrated in the encephalogram characteristics of normal pressure hydrocephalus with variously located blocks of air in the subarachnoid space. In group I the gas located in the subarachnoid space had usually disappeared after 24 h, in some cases after 72 h. In group II the pattern of resorption was basically similar, although in one case cortical air could be seen at 96 h. In group III the absorption of air from the subarachnoid space began after 72 h in radiological relevant amounts. In none of the cases of group III could similar short times of resorption be seen in comparison to group I. It is considered that these two groups can be clearly distinguished from each other in the duration of resorption of air from the subarachnoid space. The importance of encephalography as a pathophysiological tool for investigation of both the disturbed resorption and circulation of the cerebrospinal fluid in normal pressure hydrocephalus is stressed.

Key words: Encephalography – Normal pressure hydrocephalus – Resorption of gas – Cerebrospinal fluid resorption.

Zusammenfassung. Durch postpneumencephalographische Langzeitkontrollen wurden die Resorptionsverhältnisse des eingegebenen Gases bei verschiedenen Patientengruppen untersucht. Bei 11 Patienten (Gruppe I) konnte im Pneumencephalogramm kein pathologischer Befund erhoben werden. 8 Patienten (Gruppe II) wiesen den pneumencephalographischen Befund einer

diffusen Hirnatrophie auf. 7 Patienten (Gruppe III) zeigten im Pneumencephalogramm die Charakteristika eines kommunizierenden Hydrocephalus mit unterschiedlichen Blockbildungen. Die subarachnoidale Luft war in Gruppe I in der Regel nach 24 h, spätestens jedoch nach 72 h resorbiert. Bei Gruppe II war der Resorptionskurvenverlauf grundsätzlich gleich. Es ließ sich jedoch bei einem Patienten corticale Luft auch noch nach 96 h nachweisen. Bei Gruppe III setzt der Resorptionsvorgang der subarachnoidalen Luft erst nach einem Plateau über 72 h ein. In keinem Falle wurden gleiche kurze Resorptionszeiten bei Gruppe III gegenüber Gruppe I beobachtet, so daß sich diese beiden Patientenkollektive in der Zeitdauer der subarachnoidalen Luftsresorption eindeutig unterscheiden. Die Bedeutung der Pneumencephalographie als pathophysiologisches Arbeitsmodell für die dem kommunizierenden Hydrocephalus zugrunde liegende Liquorzirkulations- und -resorptionsstörung wird hervorgehoben.

Schlüsselwörter: Pneumencephalographie – Kommunizierender Hydrocephalus – Gasresorption – Liquorresorption.

Einleitung

Obwohl die Pneumencephalographie seit über 50 Jahren zu den neuroradiologischen Standardmethoden gehört, wurde die Gasresorption hinsichtlich der Lokalisation und Zeitdauer und ihrer pathophysiologischen und möglicherweise diagnostischen Bedeutung nur wenig beachtet (Bingel, 1922; Dandy, 1938; Davidoff und Dyke, 1951; Guttmann, 1936; Kautzky und Mitarbeiter, 1976; Schiersmann, 1952; Weigeldt, 1923). Seit Einführung der cranialen Computer-Tomographie (Ambrose, 1973; Hounsfield, 1973) ist zudem die Anwendung der Pneumencephalographie als Routinemethode in den Hintergrund getreten und hat heute nur noch enge Indikationsbereiche, vornehmlich als Pneumencephalotomographie bei der Darstellung basisnaher, intrakranieller Raumforderungen. Darüber hinaus gestattet aber diese Untersuchungsmethode unter modernen Gesichtspunkten auch einen Einblick in die Pathophysiologie der Liquordynamik und kann die Isotopenzisternographie beim Nachweis einer gestörten Liquorzirkulation sinnvoll ergänzen (Voigt und Greitz, 1976) oder zu dieser gezielt den Anstoß geben. Die Pneumencephalographie stellt dabei nicht nur ein klinisch-diagnostisches Hilfsmittel dar, sondern kann darüber hinaus als ein pathomechanisches Funktionsmodell dienen, da während des Füllungsvorganges ein zunehmender, die Ventrikel ausweitender Druck auf den übrigen Schädelinhalt wirkt und in Wechselbeziehungen zum Gesamtvolumen tritt (Bockenheimer und Mitarbeiter, im Druck; Stoeter und Mitarbeiter, im Druck; Voigt, 1977). Da während der Initialphase der Pneumencephalographie im Schädelinneren volumetrische Interaktionen auftreten (Voigt und Greitz, 1976; Voigt und Stoeter, 1975), wie sie auch dem „normal pressure hydrocephalus“ — nachfolgend hier als kommunizierender Hydrocephalus bezeichnet — zugrunde liegen, stellt sich die Frage, ob der ursächliche Pathomechanismus der Liquorzirkulations- und -respirationsstörung beim kommunizierenden Hydrocephalus

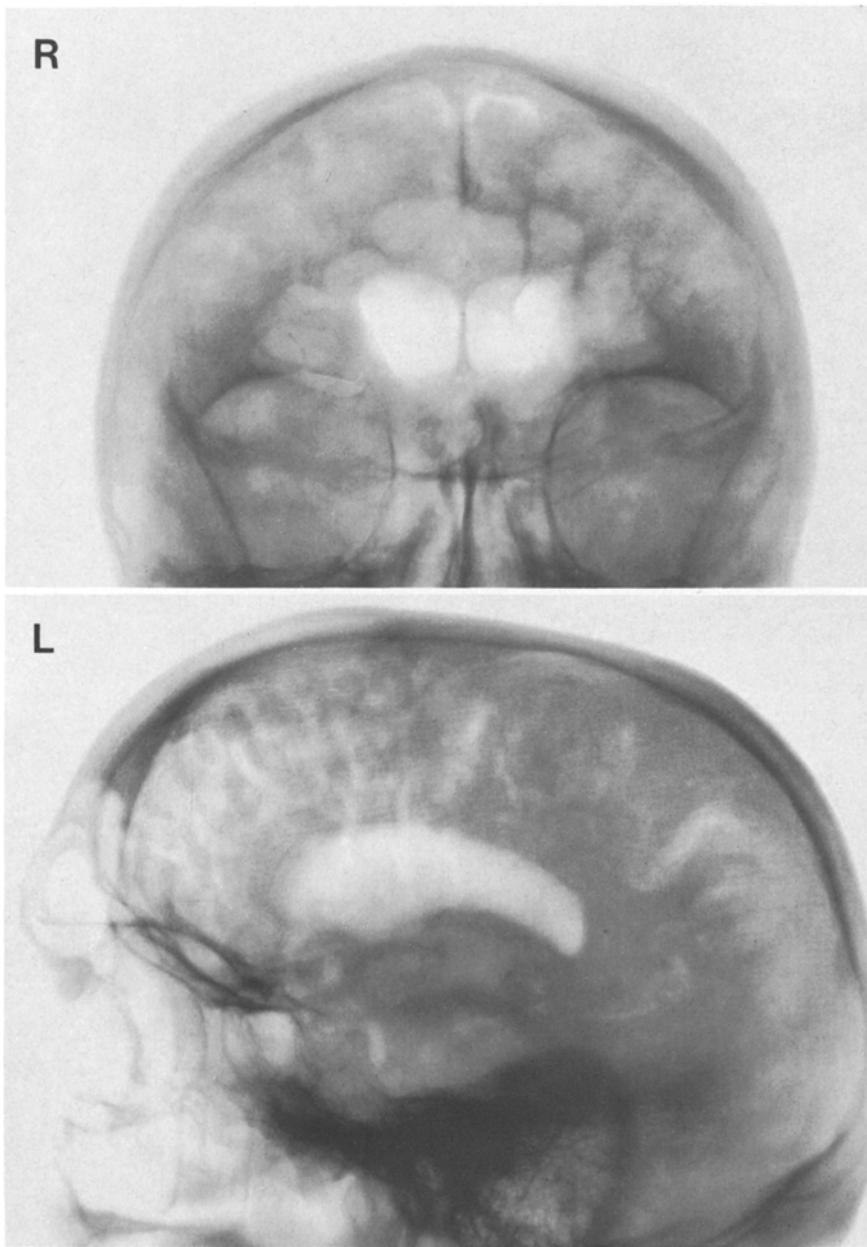


Abb. 1. Pneumencephalographie bei globaler Hirnatrophie. Durchgehende Erweiterung der inneren und äußeren Liquorräume. Ausgedehnte, symmetrische Luftansammlung über der Konvexität

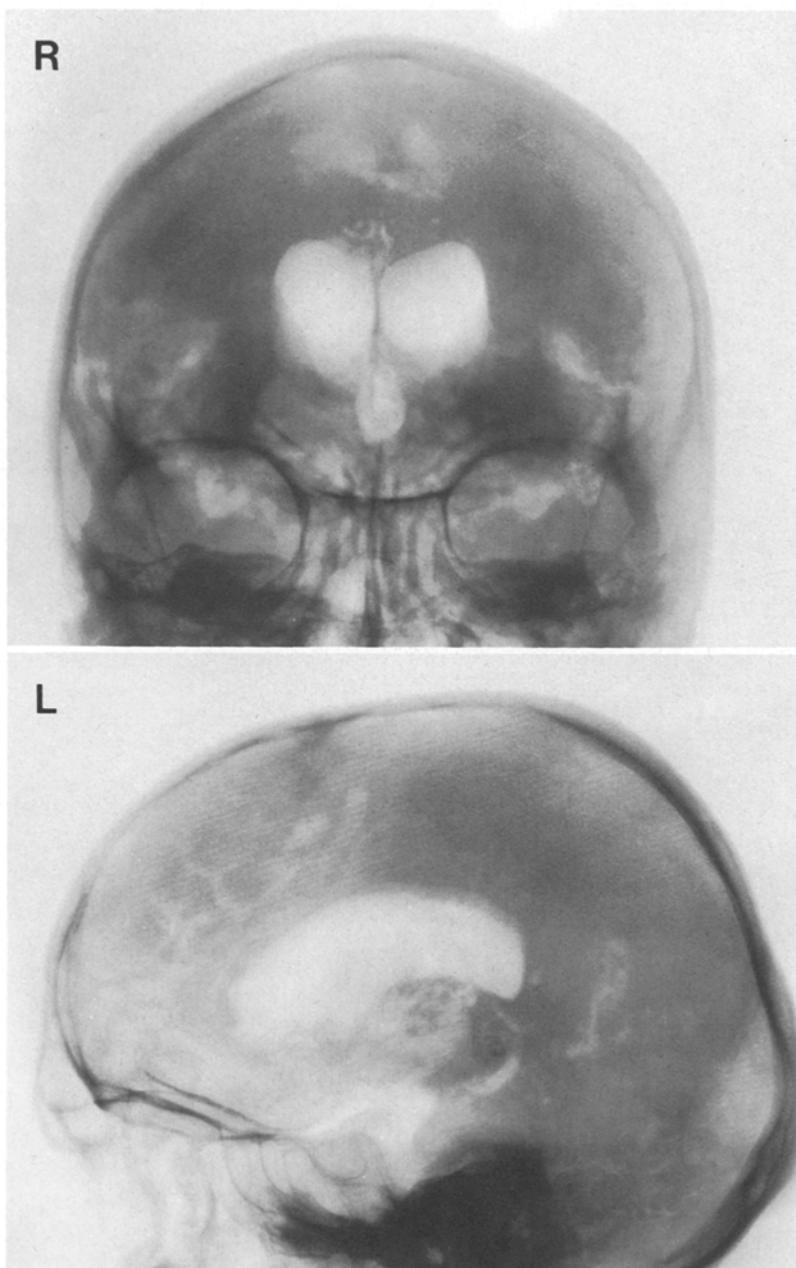


Abb. 2. Pneumencephalographie bei kommunizierendem Hydrocephalus. Erweiterung der inneren und äußeren Liquorräume, mit Blockbildung in den Inselcisternen und fehlender Luft über der Konvexität

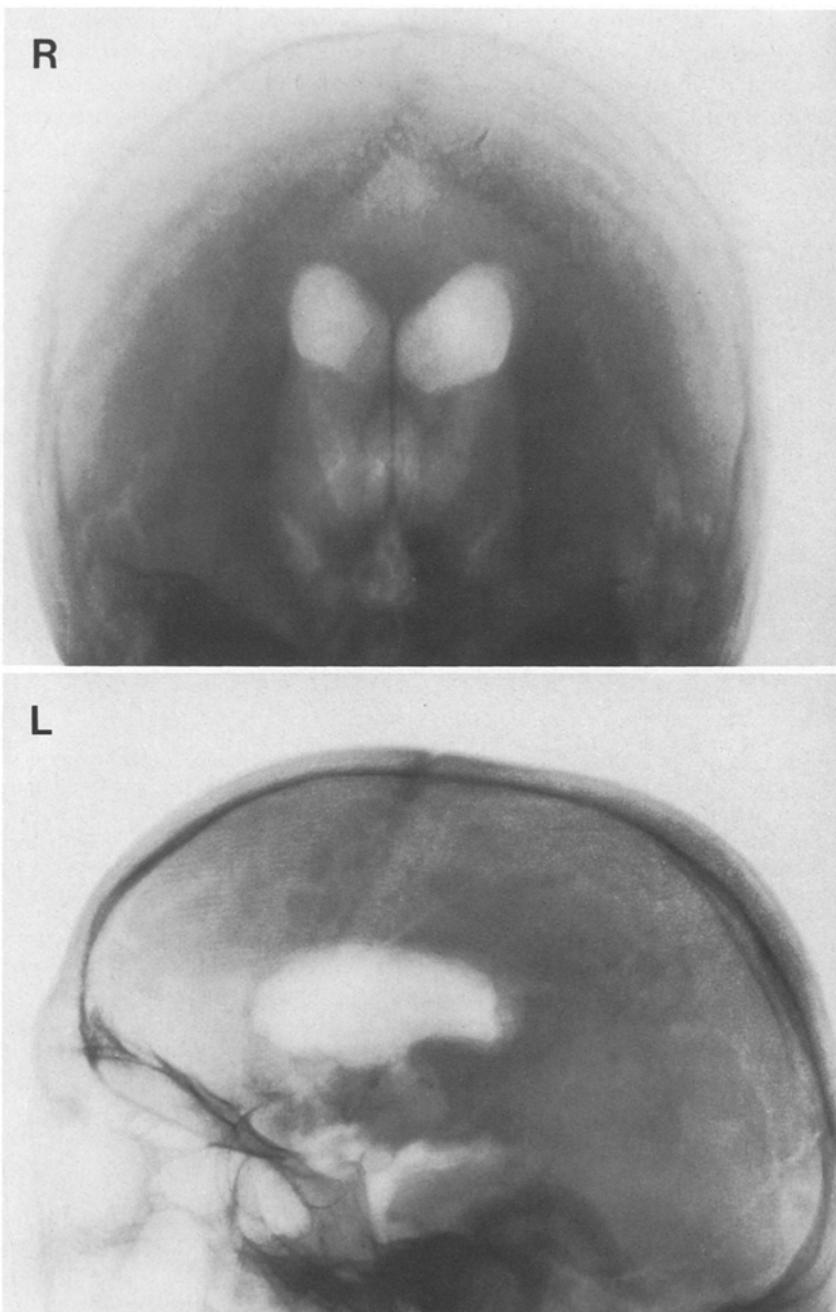


Abb. 3. Pneumencephalographie bei kommunizierendem Hydrocephalus. Erweiterung der inneren Liquorräume und Luftansammlung und Blockbildung in den Basalcisternen und fehlender korticaler Luft

auch pneumencephalographisch durch entsprechende pathognomonische Befunde des Verteilungsmusters, der Verweildauer und der Resorptionsverhältnisse des eingegebenen Gases nachweisbar ist. Wir haben daher in postpneumencephalographischen Langzeitkontrollen die Dauer und das Verteilungsmuster der Luftresorption bei verschiedenen Patientengruppen vergleichend untersucht.

Patienten und Methodik

1. Patienten

Unter 29 pneumencephalographierten Patienten wurde bei 11 Patienten, 4 Frauen und 7 Männern, im Alter von 17 bis 53 Jahren, im Mittel 39 Jahre, im Pneumencephalogramm kein pathologischer Befund erhoben. Sie wurden als Gruppe I zusammengefaßt. Gruppe II bildeten 8 Patienten, 2 Frauen und 6 Männer, im Alter von 30 bis 63 Jahren, im Mittel 48,4 Jahre, mit dem pneumencephalographischen Befund einer globalen Hirnatrophie (Abb. 1). 7 Patienten, 2 Frauen und 5 Männer, mit einem Alter zwischen 55 und 71 Jahren und einem mittleren Lebensalter von 62,6 Jahren, wiesen als Gruppe III im Pneumencephalogramm die charakteristischen Zeichen eines kommunizierenden Hydrocephalus mit unterschiedlichen Blockbildungen auf (Abb. 2 und 3).

Bei 3 Patienten waren ursprüngliche Blockbildungen bei den Kontrollen nicht mehr nachweisbar. Sie wurden als funktionelle, kurzfristige Passagebehinderungen angesehen und nicht als kommunizierender Hydrocephalus diagnostiziert. Da sie keiner der Gruppen mit Sicherheit zuzuordnen waren, wurden sie aus dieser Untersuchung ausgeschlossen.

2. Pneumencephalographische Untersuchungskriterien

Bei den in diese Untersuchung aufgenommenen Patienten wurden die Pneumencephalographien in standardisierter Technik mit 60 bis 80 ml Luft durchgeführt. Voraussetzung war, daß eine technisch gute und symmetrische Füllung der Ventrikel und der extraventrikulären Liquorräume vorlag und der Subarachnoidalraum über der Konvexität qualitativ und quantitativ ausreichend beurteilt werden konnte. Als pneumencephalographische Nachweiskriterien eines kommunizierenden Hydrocephalus ließen wir erweiterte Ventrikel, unterschiedlich lokalisierte Blockbildungen der subaraknoidalen Luft sowie das charakteristische Fehlen der corticalen Rindenfurchenzeichnung über der Konvexität gelten. Als weiterer diagnostischer Hinweis wurde der Grad des Corpus-callosum-Winkels beachtet.

Das Verteilungsmuster und die Resorptionsgeschwindigkeit der nach dem Eingriff verbliebenen Luft wurde bei allen Patienten der drei Gruppen durch standardisierte Schädelübersichtsaufnahmen im Sitzen in 24stündigen Abständen kontrolliert.

Ergebnisse

In der Gruppe I mit Pneumencephalographien ohne nachweisbaren pathologischen Befund war in der Regel nach 24 h keine corticale Luft mehr nachweisbar und spätestens nach 72 h bei allen Patienten resorbiert (Abb. 4). Über das Zeitmaß der Resorptionsdauer der intraventrikulären Luft können wir keine sicheren Aussagen treffen, da die Kontrollen nach Resorption der corticalen Luft eingestellt wurden. In einzelnen Fällen, wo dies dennoch geschah, war auch bei den pneumencephalographischen Normalbefunden noch bis zu 120 h intraventrikuläre Luft nachweisbar.

In der Gruppe II der Patienten mit diffuser Hirnatrophie war die corticale Luft zwar, wie bei der Gruppe I, häufig auch bereits nach 24 h resorbiert; sie

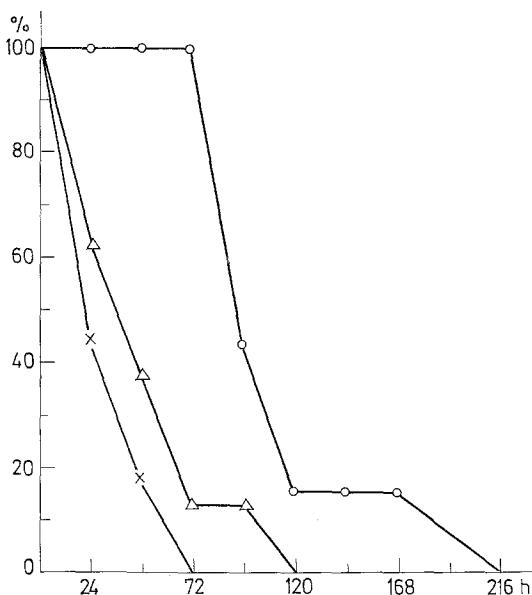


Abb. 4. Verlauf der Luftresorption bei den einzelnen Gruppen. Ordinate: Prozentanteil der Patienten, bei denen noch subarachnoidale Luft nachweisbar ist. Abszisse: Zeit nach Encephalographie in Stunden. \times = Gruppe I ($n=11$), \triangle = Gruppe II ($n=8$), \circ = Gruppe III ($n=7$)

konnte aber bei einem Patienten auch noch nach 96 h nachgewiesen werden. Intraventrikuläre Luft war noch bis zu 240 h nach dem Eingriff vorhanden, wobei jedoch dabei die gleichen Einschränkungen gelten wie bei Gruppe I (Abb. 4). — Bei diesen beiden Gruppen lässt der Kurvenverlauf auf einen zwar unterschiedlich schnellen, jedoch über den gesamten Beobachtungszeitraum annähernd kontinuierlichen und gleichmäßigen Resorptionsgang schließen.

In der Gruppe III war bei allen Patienten nach 72 h noch subarachnoidale Luft im Bereich der Blockbildung nachzuweisen. Erst nach 96 h war die extraventrikuläre Luft bei der Mehrzahl der Patienten resorbiert; in einem Einzelfall war nach Einstellung der Kontrollaufnahmen nach 192 h immer noch subarachnoidale und intraventrikuläre Luft vorhanden (Abb. 4). — Bei dieser Gruppe III setzt also nach dem Kurvenverlauf der Resorptionsvorgang der subarachnoidalnen Luft erst nach einem plateauähnlichen Verhalten über 72 h ein, währenddessen bei allen Patienten ohne pathologischen pneumencephalographischen Befund die Luft bereits verschwunden war.

Die Abbildung 4 zeigt für die drei Gruppen graphisch die jeweilige Resorptionsdauer der Subarachnoidalluft mit den Überschneidungsbereichen. Gruppe I und II weisen dabei grundsätzlich ähnliche Resorptionszeiten mit nur geringfügiger Latenz für einzelne Patienten mit allgemeiner Hirnatrophie auf, die dann in den Bereich der Gruppe III hineinreichen können. In keinem Falle wurden jedoch gleiche oder annähernd gleiche Resorptionszeiten bei Gruppe III gegenüber Gruppe I beobachtet, so daß sich diese beiden Patientenkollektive in der Zeitdauer der subarachnoidalnen Luftresorption sicher und eindeutig unterscheiden.

Sowohl über Art und Dauer der Luftresorption läßt sich bei allen drei Gruppen feststellen, daß grundsätzlich zuerst die subarachnoidale Luft resorbiert wird und erst dann die intraventrikuläre Luft mit erheblicher Latenz folgt. Hierbei scheinen sich in den Resorptionszeiten — soweit bei der von uns beobachteten Anzahl von Fällen eine gesicherte Aussage möglich ist — Gruppe I und III für die intraventrikuläre Luft ebenso zu unterscheiden, wie sie dies im Subarachnoidalraum tun.

Diskussion

Zur Gasresorption nach Pneumencephalographien gibt es in der Literatur nur wenige und widersprüchliche Angaben. Schiersmann (1952) beschreibt, daß unter sogenannten normalen Bedingungen 100 ml Luft nach ein bis drei Tagen röntgenologisch nicht mehr nachweisbar sind und führt auch Bingel (1922) und Dandy (1938) an, die ebenfalls zwei bis drei Tage angeben. Weigeldt (1923) berichtet über eine Resorptionsdauer von 3—5 h für den Subarachnoidalraum und 6—10 h für die Ventrikel. Guttman (1936) betont dagegen, daß die Luft aus den Ventrikeln entweicht und sich im Subarachnoidalraum sammelt. Diese Untersuchungen wurden jedoch nicht systematisch durchgeführt, und es fehlen genaue Angaben über die zugrundeliegenden Erkrankungen. Davidoff und Dyke (1951) berichten über eine Studie mit fraktionierter Luftinsufflation von 20 bis 80 ml Luft, wobei in den Ventrikeln noch nach 96 h Luft nachweisbar war. Aus dem Subarachnoidalraum war die Luft nach ihren Angaben jedoch in der Regel nach 24 h, spätestens nach 48 h bis auf vereinzelte, darüber hinaus sichtbare Luftblasen in der Cisterna pontis oder interpeduncularis resorbiert. Unsere Ergebnisse mit 60 bis 80 ml eingegebener Luft stimmen hiermit gut überein, denn nach spätestens 72 h konnten wir ebenfalls keine subarachnoidale Luft mehr bei den als Kontrollgruppe dienenden Patienten ohne nachweisbaren pathologischen pneumencephalographischen Befund feststellen.

Eine kontrollierte Studie über die Luftresorptionsverhältnisse bei kommunizierendem Hydrocephalus oder Hirnatrophie liegt unseres Wissens nach nicht vor. Davidoff und Dyke (1951) berichten jedoch, daß, nicht unbedingt von der insufflierten Luftmenge abhängig, bei erweiterten Ventrikeln noch Luft bis zum 17. Tag nachweisbar war. Die älteren Arbeiten über die Luftresorption, die 1—14-Tage-Pneumencephalogramme, die Spätfüllungen usw. sind bei Huber (1964) zu finden. Auch Schiersmann (1952) weist ohne statistische Angaben darauf hin, daß es bei gestörter Liquorströmung und -resorption von normalen bis zu völlig abweichenden Befunden kommen kann. Er beobachtete, daß dann die Luft in den Seitenventrikeln noch nach Wochen feststellbar sein kann, wohingegen der Subarachnoidalraum luftleer ist. Unsere Befunde stimmen auch hiermit insofern überein, als bei allen drei Gruppen die intraventrikuläre Luft, im Gegensatz zum Subarachnoidalraum, bis zur Beendigung der Kontrollaufnahmen noch nicht resorbiert war. Auffällig war jedoch bei unseren Ergebnissen, daß bei der Patientengruppe mit kommunizierendem Hydrocephalus auch die Resorption der extraventrikulären Luft gegenüber den beiden Kontrollgruppen signifikant verzögert war.

Nach eigenen Untersuchungen (Bockenheimer und Mitarbeiter, im Druck; Stoeter und Mitarbeiter, im Druck; Voigt, 1977) kann in Übereinstimmung mit der Mehrzahl der Autoren (Dandy, 1938; Davidoff und Dyke, 1951; Guttmann, 1936; Kautzky und Mitarbeiter, 1976; Schiersmann, 1952) davon ausgegangen werden, daß die intrakraniell insuffilierte Luft da resorbiert wird, wo auch der Liquor resorbiert wird, nämlich im Subarachnoidalraum, und hier am schnellsten über der Konvexität. Dies stimmt auch mit den Resultaten anderer Untersuchungstechniken, wie der RIHSA-Cisternographie, überein (Di Chiro, 1964; Di Chiro und Mitarbeiter, 1964; Sanders und Mitarbeiter, 1972; Thorn, 1973). Es ist daher nicht überraschend, daß in der Gruppe von Patienten mit gestörter Liquorzirkulation und -resorption, dem pathophysiologischen Korrelat des kommunizierenden Hydrocephalus, die Luftresorption ebenfalls pathologisch verzögert ist und sich signifikant von den Kontrollgruppen unterscheidet. Eine Beurteilung von Pneumencephalographien unter nicht bloß den gebräuchlichen, morphologisch-topometrischen Gesichtspunkten, sondern auch funktionell-diagnostischen Aspekten läßt daher nach unseren Befunden den Nachweis der Widerstandserhöhung für den Liquorausstrom zu und erlaubt bei statistisch-quantitativer Analyse genauere Aussagen über die Klappen- oder Ventilfunktion der Pacchionischen Granulationen. Neben der Sicherung der klinischen Diagnose des kommunizierenden Hydrocephalus eröffnet sich damit nach unserer Meinung, zusätzlich zur Erfassung der volumetrischen, intrakraniellen Interaktionen (Voigt und Greitz, 1976), ein weiterer möglicher Weg, die Pneumencephalographie als pathophysiologisches Arbeitsmodell für die dem kommunizierenden Hydrocephalus zugrundeliegenden Liquorresorptionsstörungen und ihrer Auswirkungen zu nutzen.

Lediglich zur Gruppe der Patienten mit globaler Hirnatrophie kann es in Einzelfällen Überschneidungen geben, so daß hier, ähnlich wie bei der Bewertung des Corpus-callosum-Winkels (Benson und Mitarbeiter, 1970; Le May und New, 1970; Voigt und Bockenheimer, 1976), im Einzelfall nicht nur aufgrund der verzögerten Luftresorption ein kommunizierender Hydrocephalus diagnostiziert werden kann. Dennoch kann bei der Diagnose dieses Krankheitsbildes die Pneumencephalographie vorläufig ihren Platz behalten, da sie nicht nur ein klinisch-diagnostisches Hilfsmittel, sondern auch ein pathomechanisches Funktionsmodell für die gestörte Liquorzirkulation und -resorption darstellt.

Literatur

- Ambrose, J.: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2. Clinical application. Brit. J. Radiol. **46**, 1023—1047 (1973)
- Benson, D. F., Le May, M., Patten, D. H., Rubens, A. B.: Diagnosis of normal pressure hydrocephalus. New Engl. J. Med. **283**, 609—615 (1970)
- Bingel, A.: Neben- und Nachwirkungen bei Gaseinblasungen in den Lumbalkanal (Therapeutische Möglichkeiten und Erfahrungen). Dtsch. Z. Nervenheilk. **75**, 230—249 (1922)
- Bockenheimer, S., Stoeter, P., Voigt, K.: Erscheinungsformen, Diagnostik und Häufigkeitsverteilung des kommunizierenden Hydrocephalus im höheren Lebensalter. Gerontopsychiatrie (Düsseldorf) **5** (im Druck)
- Dandy, E.: Hirnchirurgie. Leipzig: J. A. Barth 1938
- Davidoff, L. M., Dyke, C. G.: The Normal Encephalogram. Philadelphia: Lea & Febiger 1951

- Di Chiro, G.: Movement of cerebrospinal fluid in human beings. *Nature* **204**, 290—291 (1964)
- Di Chiro, G., Reames, P. M., Matthews, W. B.: RIHSA ventriculography und RIHSA cisternography. *Neurology (Minneapolis)* **14**, 185—189 (1964)
- Guttmann, L.: Röntgendiagnostik des Gehirns und Rückenmarks durch Kontrastverfahren. In: Bumke-Foerster, *Handbuch der Neurologie* Bd. 7, 2, 187—490. Berlin: Springer 1936
- Hounsfield, G. N.: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *Brit. J. Radiol.* **46**, 1016—1022 (1973)
- Huber, G.: Neuroradiologie und Psychiatrie. In: *Psychiatrie der Gegenwart I/IB* S. 253—290 (Gruhle, Jung, Mayer-Gross, Müller, Hrsg.). Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1964
- Kautzky, R., Zülich, K. J., Wende, S., Tänzer, A.: *Neuroradiologie auf neuropathologischer Grundlage*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1976
- Le May, M., New, P. F.: Radiological diagnosis of occult normal pressure hydrocephalus. *Radiology* **96**, 347—358 (1970)
- Sanders, T. P., Sanders, T. D., Gallagher, E. J.: Quantitative studies of CSF dynamics. In: Harbert, J. C., Ed.: *Cisternography and Hydrocephalus*, 463—670. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas 1972
- Schiersmann, O.: *Einführung in die Enzephalographie*. Stuttgart: Thieme 1952
- Stoeter, P., Bockenheimer, S., Voigt, K.: Funktionelle und pathophysiologische Aspekte bei der neuroradiologischen Diagnostik des kommunizierenden Hydrocephalus. *Gerontopsychiatrie* (Düsseldorf) **5** (im Druck)
- Thorn, L.: Zur Bildung und Resorption des Liquor cerebrospinalis. *Dtsch. med. Wschr.* **98**, 2253—2256 (1973)
- Voigt, K.: Präsenile Demenz und kommunizierender Hydrocephalus. Pathophysiologische und funktionelle Aspekte aufgrund klinisch-experimenteller und neuroradiologischer Modelluntersuchungen. In: Degkwitz, R., Radebold, H., Schulte, P. W. (Hrsg.): *Gerontopsychiatrie* (Düsseldorf) **4** (1977)
- Voigt, K., Bockenheimer, S.: Vorkommen und Häufigkeitsverteilung des kommunizierenden Hydrocephalus bei Pneumenzephalographien eines psychiatrischen Patientengutes mit präsenilen und senilen Demenzen. *Geriatrie* **6**, 231—239 (1976)
- Voigt, K., Greitz, T.: Cerebral blood volume alterations during fractional pneumoencephalography. *Amer. J. Roentgenol.* **126**, 582—592 (1976)
- Voigt, K., Stoeter, P.: Polygraphic recordings of EEG, ECG and blood pressure before, during and after fractional pneumoencephalography. *Neuroradiolgy* **9**, 21—27 (1975)
- Weigeldt, W.: Die Bedeutung der Lufteinblasung für Hirn- und Rückenmarksdiagnostik. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **77**, 165—170 (1923)

Eingegangen am 31. Oktober 1977