CT 上の periventricular lucency (PVL)

森 惟明・村田 高穂・半田 肇・中野 善久*

Pathogenesis of Periventricular Lucency on Computed Tomography

KOREAKI MORI, TAKAHO MURATA, HAJIME HANDA
and YOSHIHISA NAKANO*

Department of Neurosurgery, Kyoto University, Kyoto 606

*Department of Radiology, Kyoto University

Summary

Pathogenesis of periventricular lucency was investigated. Periventricular lucency noted in acute hydrocephalus may represent periventricular edema and disappears in a short time after a shunting operation. Periventricular lucency in chronic and normal pressure hydrocephalus is presumed to be a consequence of water retention combined with a disturbance of the blood circulation in the white matter. Periventricular lucency in hydrocephalus is considered to be a reversible phenomenon and may be regarded as a sign of present or preceding intraventricular hypertension. It may provide a useful criterion for a shunting operation. Periventricular lucency encountered in diseases other than hydrocephalus is supposed to be leukoencephalopathy in the arterial borderzone which is vulnerable to hypoxic-ischemic events. These two different periventricular lucencies should be differentiated.

Key words: periventricular lucency, hydrocephalus, computed tomography

I はじめに

CT導入後に先天性および後天性水頭症における periventricular lucency (PVL) もしくは hypodensity が注目されるようになったが、これはシャント手術後短期間のうちに脳室の縮小とともに消失することから、脳室周辺浮腫によるものと考えられる⁵⁾⁶⁾⁸⁾⁻¹⁵⁾。最近我々は PVL が水頭症以外に脳萎縮などにも認められることに注目し、PVL の病因につき再検討を行った。

II 臨床観察

EMI 1010 により検査を行った5,470症例中、201例に PVL を認めた。これら201症例につき脳室の大きさ、P

VL の程度および脳室拡大様式を分析した。

1. PVL と脳室拡大

脳室拡大1,402例中191例(14%)に PVL が認められた。62例は高圧性脳室拡大で、残りの129例は非高圧性脳室拡大であった。高圧性水頭症以外の多くは正常圧水頭症もしくは脳萎縮例であった(Table 1)。PVL は一般には脳室拡大例のみにみられ、非対称性脳室拡大例では拡大の著明な側脳室にのみ認めることが多かった。稀に PVL が幼児の痙攣発作など脳室拡大を伴わない症例にも認められた。

2. 高圧性水頭症における PVL

PVL が認められた高圧性水頭症の多くは、脳室拡大が中等度もしくは高度で、PVL は中等度もしくは軽度

京都大学脳神経外科

*京都大学放射線科

〔連絡先: 〒606 京都市左京区聖護院川原町54, 京都大学脳神経外科, 森 惟明〕

1980年2月18日 受稿

であった。

一次性および二次性水頭症の急性期においては脳室壁に近い脳室周辺白質内における CT number は減少し脳室壁の同定が困難であった。Linear density profile を作製すると、脳室壁から皮質部灰白質にいたるまでのprofile はしばしば直線状で急勾配を示した(Fig. 1)。シャント手術後には多くの症例で linear density profile の勾配が脳室の縮小につれてなだらかになった。慢性期水頭症では PVL は軽微であり、PVL を伴う例では linear density profile の勾配は急性期例ほど急ではなかった。

3. 正常圧水頭症における PVL

正常圧水頭症の多くはクモ膜下出血後にみられた症例で、142例中57例にさまざまな程度の PVL が認められた。高圧性水頭症と同様正常圧水頭症においても PVL

Table 1 Periventricular lucency in non-hypertensive ventricular dilatation.

	Number of cases	Periventricular lucency (+)
Cerebral atrophy	746	62 (8%)
"Normal pressure hydrocephalus"	142	57 (40%)
Others	267	10 (4%)
Total	1155	129 (11%)

Fig. 1 CT scan and linear density profile. Pineal germinoma. CT scan shows moderate ventricular dilatation and periventricular lucency of moderate degree. Linear density profile from the ventricle up to the cortex shows a steep upward inclination of periventricular lucency.

はしばしば中等度もしくは高度に拡大した脳室周囲に認められ、その程度は多くの例で高度ないし中等度であった。これらの症例の linear density profile は慢性期水頭症もしくは急性期水頭症のシャント手術後に類似し、その勾配はゆるやかであった (Fig. 2)。ゆるやかな勾配を示す profile は、正常圧水頭症が先行する高圧性水頭症の代償期にあることを示しているのかもしれない。高圧性水頭症と同様、正常圧水頭症における PVL も通常シャント手術後に消失した。しかし、その消失には高圧性水頭症例に比べ長時間を要した。また、ときに脳室の縮小後も PVL が残存する例があり (Fig. 3)、正常圧水頭症にみられる PVL には脳室周辺浮腫のみでは説明できないものがある。

4. 脳萎縮における PVL

脳萎縮例746例中62例 (8%) において前角部近傍に低吸収域がみられた。興味あることは、PVL を認めた患者の多くは高令者で、新生児や乳児を除き小児の脳萎縮例に PVL を認めることは稀であった。脳萎縮の linear density profile では脳室壁に相当する部分が認められることが多く、脳室周辺の低吸収域内の濃度は平坦であった (Fig. 4)。少数例で linear density profile が正常圧水頭症と類似のゆるやかな勾配を示し、脳室壁部を同定しえなかった。これらの例は水頭症に続発した脳萎縮例であるかもしれない。このように水頭症に続発した二次的脳萎縮例では、一次性脳萎縮例とは異なった linear

Fig. 2 CT scan and linear density profile. Normal pressure hydrocephalus. CT scan shows moderate ventricular dilatation and periventricular lucency of moderate degree. Linear density profile from the ventricle up to the cortex shows a gentle upward inclination of periventricular lucency.

Fig. 3 CT scans. Chronological changes of the ventricular system in normal pressure hydrocephalus.

Left: CT scan before a shunting operation shows moderate ventricular enlargement and periventricular lucency of moderate degree.

Middle: CT scan one week after a shunting operation shows the reduction of the ventricular size and the persistence of periventricular lucency.

Right: CT scan about 2 months after a shunting operation shows further reduction of the ventricular size and persistence of periventricular lucency of moderate degree.

Fig. 4 CT scan and linear density profile. Cerebral atrophy. CT scan shows moderate ventricular dilatation and periventricular lucency of moderate degree. Linear density profile from the ventricle up to the cortex shows a density corresponding to the ventricular wall, followed by periventricular lucency.

Fig. 5 CT scan and linear density profile. Neonatal convulsion. CT scan shows minimal ventricular dilatation and marked periventricular lucency. Linear density profile from the ventricle up to the cortex shows a parenchymal density between the ventricle and periventricular lucency.

density profile を示すのかもしれない。脳萎縮例の PVL の成因に関しては水分貯留以外の要因が関与するものと考えられる。

5. 脳室拡大を伴わない例における PVL

脳室拡大を伴わない 4,068 例中 10 例 (0.2%) に PVL が認められた。その多くは新生児もしくは乳児の痙攣発作であり、PVL は多くが高度であった。これらの例に

おける linear density profile では比較的正常の脳組織の濃度が脳室と PVL との間に存在した (Fig. 5)。すなわち、このような PVL は水分量増加というよりむしろ白質の原発性変化により生じたものと考えられる。

Ⅲ 考 察

水頭症急性期には脳室内圧亢進に続発する上皮細胞透

Fig. 6 Coronal CT scans in a dog with acute hydrocephalus. The ventricles are moderately dilated and marked periventricular lucency (PVL) is observed around the frontal horns (upper left).

過性的変化により水分が過剰に脳室周辺白質内に貯留する。このような変化は通常側脳室前角上外側角部にもっとも著明である。この領域における光学顕微鏡による検査では、急性期実験水頭症犬においては上衣下組織の海綿様もしくは浮腫様変化を示す¹²⁾。電子顕微鏡レベルでは、このような変化は上衣下組織の細胞外腔の増加として認められ⁷⁾、実験水頭症犬における CT 上の PVL に一致するものと思われる (Fig. 6)¹⁰⁾⁻¹²⁾。

水頭症犬における metrizamide ventriculography では、CT 上いわゆる cerebral blushing が臨床例同様に認められた。この現象は経上衣性髄液浸透の存在を示す所見と考えられる。それは他の脳室周辺白質部よりも前角部の PVL 領域に一層著明に認められた¹²⁾。Contrast enhancement study では PVL 部の白質は増強されることは少なく、これは細胞外腔の水分量の増加もしくは脳室内圧亢進によりもたらされた脳組織圧の上昇およびその結果ひきおこされた脳室周辺白質部における血管の変化による脳室周辺白質の血液の低灌流によるものと思わ

れる。Wozniak ら¹⁷⁾は実験水頭症においてひきおこされる脳の微細血管構築の変化を報告している。前角部の上外側角部近傍領域は脳梗塞の好発部位のひとつとしてもよく知られている¹⁸⁾。

Contrast enhancement study と V-P shunt 手術前後の観察により得られた結果は、水頭症慢性期の PVL が急性期のものと同様に可逆性変化であることを示している (Fig. 7)。これらの結果により、水頭症慢性期における PVL は単に脳室周辺部の虚血や梗塞によるものではなく、むしろ主として上衣下組織の水分貯留によるものと考えられる¹⁹⁾。実験水頭症の慢性期にも上衣細胞透過性は上衣細胞の伸展および破壊の結果として依然として残存するため (Fig. 8)、脳室特に前角部の上外側角と脳室周辺白質との間で、髄液が上衣細胞間を通過して容易に入りするものと考えられる。

最近、DiChiro ら⁴⁾は水頭症および leukoencephalopathy の density profiles について報告している。正常脳の profile pattern は、側脳室壁に相当する density に続

Fig. 7 Coronal CT scans before (left) and after (right) shunting operation in a dog with chronic hydrocephalus. PVL immediately disappeared in the second day after operation.

き白質部の比較的一様な density を示す。ところが、水頭症および leukoencephalopathy においてはこの pattern がくずれる。彼らは pattern の変化を 4 群に分類している。また、急性期および慢性期水頭症における linear density profile 上の PVL の勾配のちがいを脳室周辺白質内水分貯留機構のちがいにより説明している。白質部の水分は後に上皮細胞配列の再建がおり、小血管を通り血液中に吸収されるものと考えられる。このため PVL は慢性期水頭症においては軽微であるのかもしれない。Linear density profile のゆるやかな勾配は、正常圧

水頭症においても認められた。高圧および正常圧水頭症における PVL は現在もしくは先行した脳室内圧亢進の一つの徴候とみなされる。しかし、正常圧水頭症の PVL は水分貯留と脳血液灌流障害の合併により生じることがあり、高圧水頭症よりも著明な PVL が認められることの多いのはこのような仮定により説明できる。PVL の認められた正常圧水頭症の一部において頭蓋内圧測定を行ったが、その全例において圧波を認めた。また、PVL と圧波を伴う正常圧水頭症は shunt 手術に十分な反応を示した。水頭症の CT 上認められる PVL

Fig. 8 Light microscopic photographs of the superolateral angle of the periventricular white matter in various stages of kaolin-induced canine hydrocephalus. Arrows indicate spongy and edematous changes in the subependymal layer. E.E. $\times 400$

は、shunt 手術の適応を決定するときに重要な指標となるものと思われる。正常圧水頭症で shunt 手術により脳室が縮小したのち、PVL の消失までに長時間を要する例がある。このような PVL は水分貯留というよりはむしろ白質における脳実質損傷を示すものと考えられ、後になり PVL が消失するのは脳実質の再生によるものかもしれない。

水頭症のうち特に乳児水頭症においては PVL が観察されないことが多い。これは頭蓋縫合の離開により頭蓋内圧亢進が代償されることによるものかもしれない。成人の水頭症においても乳児水頭症と同様に頭蓋内圧亢進が何らかの機序により代償された場合、PVL が認められないことがある。

PVL の存在する脳萎縮例の多くは高令者であったが、

これは高令患者では前角周辺部の白質がより脆弱であるということによるのかもしれない。Linear density profile は多くの例で脳室壁に相当する density が認められた。このことから、脳萎縮例における PVL は白質の原発性破壊性変化により生じたものと考えられる。脳萎縮例のうち、水頭症に続発したと考えられる例では、linear density profile においてみられる脳室より皮質にいたるゆるやかな上昇勾配は脳室壁の破壊を示す所見かもしれない。したがって、二次的脳萎縮例における PVL は、脳室周辺白質の水分貯留とそれに伴う破壊性変化により引き起こされたものと考えられる。

稀に PVL が新生児もしくは早期乳児の痙攣発作など、脳室拡大を伴わない例にみられることがある。これは胎内あるいは周産期の無酸素症による脳室周辺白質の

Fig. 9 CT scan and left carotid angiogram, lateral view. Occlusion of the left internal carotid artery. 54-year-old male. CT scan performed 9 days after a sudden onset of right hemiplegia shows periventricular lucency of a slight degree around the left frontal horn, which corresponds to the arterial borderzone between the anterior cerebral and middle cerebral arteries. Left carotid angiogram shows an occlusion of the left internal carotid artery just distal to the bifurcation of the common carotid artery (arrow).

病変，すなわち，母体の低血圧や胎盤血行不全などによりもたらされる白質の血液灌流障害により生じたものと考えられる¹⁶⁾。乳児の periventricular leukomalacia¹³⁾は低酸素—虚血性脳症と考えられ，その病因は動脈境界領域における白質内の血液灌流障害に関係するものと考えられる²⁾。また，PVL は成人の頸動脈閉塞症患者の動脈境界領域にもみられるが (Fig. 9)，これは白質部の低灌流により生じた動脈境界領域梗塞巣によるものと考えられる。Profile pattern の多くに脳室壁の density を認めることから，水頭症にみられる PVL とは成因が異なるものと考えられる。

IV 結 論

Periventricular lucency (PVL) の病因について検討した結果，CT 上の PVL の出現には二つの主要機序が考えられる。

第1は圧に対して弱い前角の上外側角部における上皮細胞の破壊によりおこる脳室からの水分移動であり，PVL は現在もしくは先行した脳室内圧亢進による可逆性変化と考えられる。第2は低酸素—虚血性変化に弱い前

角部近傍の動脈境界領域における leukoencephalopathy である。これら二つの PVL は区別しなければならない。

本論文の要旨は第38回日本脳神経外科学会総会において発表した。

文 献

- 1) BANKER, B. Q. & LAROCHE, J. C.: Periventricular leukomalacia of infancy: A form of neonatal anoxic encephalopathy. *Arch Neurol* 7: 386-410, 1962
- 2) DERUECK, J.: The human periventricular arterial blood supply and the anatomy of cerebral infarctions. *Eur Neurol* 6: 321-334, 1971
- 3) DiCHIRO, G., ARIMITSU, T., PELLOCK, J. M. & LANDES, R. D.: Periventricular leukomalacia related to neonatal anoxia: Recognition by computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 2: 352-355, 1978
- 4) DiCHIRO, G., ARIMITSU, T., BROOKS, R. A., MORGENTHAUER, D. G., JOHNSTON, A. E. & KELLER, M. R.: Computed tomography profiles

- of periventricular hypodensity in hydrocephalus and leukoencephalopathy. *Radiology* 130: 661-666, 1979
- 5) HOPKINS, L. N., BAKAY, L., KINKEL, W. R. & GRAND, W.: Demonstration of transventricular CSF absorption by computerized tomography. *Acta Neurochir* 39: 151-157, 1977
  - 6) KINSLEY, D. P. E. & KENDALL, B. E.: The value of computed tomography in the evaluation of the enlarged head. *Neuroradiology* 15: 59-71, 1978
  - 7) MORI, K. & RAIMONDI, A. J.: Submicroscopic changes in the periventricular white matter of hydrocephalus *ch* mouse. *Arch Jap Chir* 44: 159-168, 1975
  - 8) MORI, K., MURATA, T., HANDA, H. & NAKANO, Y.: Periventricular lucency in hydrocephalus on computerized tomography. *Surg Neurol* 8: 337-340, 1977
  - 9) MOSELEY, I. F. & RADÜ, E. W.: Factors influencing the development of periventricular lucencies in patients with raised intracranial pressure. *Neuroradiology* 17: 65-69, 1979
  - 10) MURATA, T., MORI, K., HANDA, H. & NAKANO, Y.: Computed tomography in experimental canine hydrocephalus. Part 1. Observations on changes of ventricular size and periventricular lucency. *Brain Nerve* 30: 677-685, 1978
  - 11) MURATA, T., MORI, K., HANDA, H. & NAKANO, Y.: Computed tomography in experimental canine hydrocephalus. Part 2. Correlation between ventricular enlargement, periventricular lucency and intracranial pressure. *Brain Nerve* 31: 313-321, 1979
  - 12) MURATA, T., MORI, K., HANDA, H. & NAKANO, Y.: Computed tomography in experimental canine hydrocephalus. Part 3. Pathogenesis of periventricular lucency (PVL). *Brain Nerve* 31: 721-729, 1979
  - 13) NAIDICH, T. P., EPSTEIN, R., LIN, J. P., KIRCHEFF, I. I. & HOCHWALD, G. M.: Evaluation of pediatric hydrocephalus by computed tomography. *Radiology* 119: 337-345, 1976
  - 14) PALMIERI, A., MENICHELLI, F., PASQUINI, U. & SALVOLINI, U.: Role of computed tomography in the postoperative evaluation of infantile hydrocephalus. *Neuroradiology* 14: 257-262, 1978
  - 15) PASQUINI, U., BRONZINI, M., GOZZOLI, E., MANCINI, P., MENICHELLI, F. & SALVOLINI, U.: Periventricular hypodensity in hydrocephalus: A clinico-radiological and mathematical analysis using computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 1: 443-448, 1977
  - 16) VOLPE, J. J.: Observing the infant in the early hours after asphyxia. pp 263-283, In Gluck, L. (ed): Intrauterine asphyxia and the devepoling fetal brain. Year Book Med Pub, Chicago, 1977
  - 17) WOZNIAK, M., McLONE, D. G. & RAIMONDI, A. J.: Micro- and macroscopic changes as the direct cause of parenchymal destruction in congenital murine hydrocephalus. *J Neurosurg* 43: 535-545, 1975
  - 18) ZÜLCH, K. J.: Die Pathogenese von Massenblutung und Erweichung unter besonderen Berücksichtigung klinischer Gesichtspunkt. *Acta Neurochir* (Suppl) 7: 51-117, 1961