



Title	乳幼児123I-IMP脳SPECT正常像の発達による変化
Author(s)	瀧島, 輝雄; 町田, 喜久雄; 本田, 憲業 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(1), p. 66-73
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19197
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

乳幼児¹²³I-IMP 脳 SPECT 正常像の発達による変化

埼玉医科大学総合医療センター放射線科

瀧島 輝雄 町田喜久雄 本田 憲業 間宮 敏雄
高橋 卓 釜野 剛 玉城 聡

（平成2年3月5日受付）

（平成2年6月11日最終原稿受付）

Developmental Changes in Normal Images of ¹²³I-IMP Brain SPECT in Young Children

Teruo Takishima, Kikuo Machida, Norinari Honda, Toshio Mamiya, Taku Takahashi,
Tsuyoshi Kamano and Satoru Tamaki

Department of Radiology, Saitama Medical Center, Saitama Medical School

Research Code No. : 721

Key Words : Brain, ¹²³I-IMP, SPECT, Children

For an attempt to determine the normal evolution of N-isopropyl p-I-123-iodoamphetamine (¹²³I-IMP) single photon emission computed tomography (SPECT), we selected 12 children (an age range of 1 month-3 year) who were diagnosed as normal in follow-up between 6 month-3 year by neurological examination, X-ray computed tomography, electroencephalography and ¹²³I-IMP SPECT in our 78 cases. SPECT of the brain was performed 30 minutes after intravenous administration of 74 MBq (2 mCi) ¹²³I-IMP using a rotating gamma camera equipped with a 30-degree slant-hole collimator.

In neonates, a predominant activity was observed in the basal ganglia and thalamus, with only slight parietal and occipital activity. Frontal cortex was barely recognizable. Under 1 year, cortical activity was gradually increased and clearly visible. After 1 year, SPECT images were similar to those of adult.

In conclusion there was an important modification of the regional perfusion pattern in relation to brain maturation.

はじめに

Winchellら¹⁾²⁾によって開発されたN-isopropyl-p-I-123-iodoamphetamine (¹²³I-IMP)は、脳血流分布を表現するとされ^{2)~4)}、脳血管障害例を中心として脳疾患の血流評価に応用されている^{5)~8)}。

一方、小児脳疾患に¹²³I-IMPを応用した研究は少ないが、脳血流評価における有用性が報告されている^{8)~15)}。

X線CTは、各種脳疾患および成長に伴う脳の

形態的变化について明らかにした^{16)~19)}。しかし、上記形態的变化に伴う脳血流変化を検討した報告はまだ少ない²⁰⁾。本論文の目的は、乳幼児における正常脳発達に伴う血流変化を¹²³I-IMP SPECTにより検討することである。

対象と方法

対象は、1986年8月から1989年8月までの3年間に、脳神経疾患の疑いで¹²³I-IMPによるSingle Photon Emission Computed Tomography (SPECT)を施行した小児78例のうち、検査後6カ月

Table 1 Summary of patient profile

No.	Age (month)	Sex	GA (week)	Presenting symptom*
1	1	M	40	Asphyxia
2	3	F	38	Cranial deformity
3	3	M	39	Convulsion
4	6	M	38	Convulsion
5	12	M	41	Undergrowth
6	18	M	39	Convulsion
7	22	M	30	Febrile convulsion
8	24	M	40	Transient ataxia
9	26	F	41	Transient numbness
10	30	M	39	Dizziness
11	36	M	37	Convulsion
12	36	M	41	Convulsion

*Abbreviations: No.: number, Age: age (month) at the time of SPECT study, GA: gestational age (week) at birth, Transient numbness: Transient numbness of lower limbs

**Neurological examination, CT, EEG were normal in all the cases. No symptom recurred during follow-up period greater than 6 months.

から3年の範囲内の追跡で、正常と診断された生後1カ月から3歳までの12例(男児10例, 女児2例)である(Table 1)。小児科医による追跡期間内に、理学的及び神経学的に無所見で、CT、脳波、血液生化学検査で異常を認めなかったものを本研究では正常とした。

ルゴール投与(無機ヨード量1mg/kg/日, ^{123}I -IMP 静注前日から7日間)にて甲状腺をブロックしたのち、全例 ^{123}I -IMP 74MBq (2mCi) を閉眼状態、臥位にて肘静脈より静注し、約30分間安静状態を保ったのち撮影した。撮影装置は、 ^{123}I 用スラントホールコリメータ(傾き30°, 感度228cpm/ μCi , 最大エネルギー180keV, Nuclear Technologies社製)を装着した回転ガンカメラ(ZLC 7500, Siemens)である。データは、360度回転、64方向、一方向20秒で収集した。画素は、64×64マトリックス(1ピクセル=6mm)である。エネルギーウィンドウは159keV, 20%に設定した。8次のバターワースウィナーフィルター(遮断周波数0.25cycle/pixel)にて平滑化ののち、Shepp & Logan filterによるback projection法を用いて横断面画像を再構成した。上記の撮像装置およびデータ処理条件下で著者らが実測した ^{123}I -IMP

線線源のFWHMは、線源・コリメータ表面間距離10, 15, 20cmにおいて、それぞれ11, 13, 15mmであった。断層像の1スライス厚は、生後6カ月までが8mm, 1歳以上で9mmであった。撮影時全員に鎮静剤としてMonosodium trichlorethyl phosphateを20~80mg/kg経口投与し、体動が激しい場合にHydroxyzine hydrochloride 1mg/kgを静注した。

各症例ごとに、両側別々に視床および基底核に関心領域(ROI)を設定し、両側ROIの平均ピクセルカウント(C1)を求めた。同じ大きさのROIを、両側別々に、前頭葉、側頭葉、後頭葉および頭頂葉に計8個設定し、各脳葉ごとの平均ピクセルカウント(C2)を求めた。次いで、各症例ごとにC2/C1比を計算した。ROIの大きさは、一側の視床および基底核の両者を囲む円のうち最小のものとした。3カ月, 2歳, 3歳以外は、単一例での値で、3カ月2人, 2歳3人, 3歳2人の平均である。

結 果

生後1カ月から3歳までの乳幼児の内訳をTable 1に示す。1, 3, 6カ月, 1歳, 1歳6カ月, 2歳, 2歳6カ月, 3歳の年齢順に検討した。その結果、新生児期(生後1カ月まで)は、 ^{123}I -IMPは主に大脳基底核・視床に集積し、大脳皮質の集積は頭頂葉、後頭葉の一部分にしか認められなかった。3~6カ月期では、大脳全体への ^{123}I -IMPの集積が増加し、成長に伴った前頭葉の集積の増加とともに脳全体の均一な分布に近づいてきた。1歳以上では、大脳皮質と大脳基底核および視床領域の集積状態が同程度となって良好に描出され、成人の ^{123}I -IMP SPECT像に近似していた。

大脳基底核・視床と大脳各部との計数比(C2/C1)を年齢別にFig. 1に示した。成長に伴う大脳皮質への集積増加は、前頭葉で最も遅いのがわかった。

代表例を以下に示す。

症 例

<症例1>生後1カ月, 男児。

40週2日, 3,285gにて出生した。新生児仮死による低酸素脳症や脳出血の疑いで検査を行った。

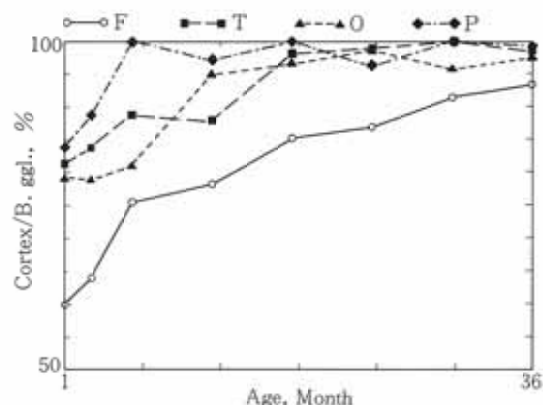


Fig. 1 Ratio of mean pixel count of cortex to that of basal ganglia and thalamus in ¹²³I-IMP SPECT in children (1-36 month). F: frontal, T: temporal, O: occipital, P: parietal, B. ggl.: basal ganglia and thalamus.

出生後、けいれんや意識レベルの低下は認めなかった。検査時の身長52cm、体重3,710g、頭囲37cm、胸囲33cm。¹²³I-IMP SPECT (Fig. 2)では、大脳基底核および視床に主な集積がある。頭頂葉に軽度の集積を認めるが、前頭葉の集積はさらに低い。同時期のCTでは、前頭葉、脳室周囲に低CT値を示し、脳は不均一なCT値を示した。

＜症例2＞生後3カ月、女児。

38週4日、2,660gにて出生した。頭の変形を認めたため、精査目的に来院した。検査時の身長60cm、体重6,150g、頭囲41cm、胸囲40cm。¹²³I-IMP SPECT (Fig. 3)では、生後1カ月児の画像と比べると大脳全体のRI集積が増加しているが、前頭葉の集積はやや低く、不均一である。CTでは、脳実質の灰白質・白質の区別は難しかった。

＜症例4＞生後6カ月、男児。

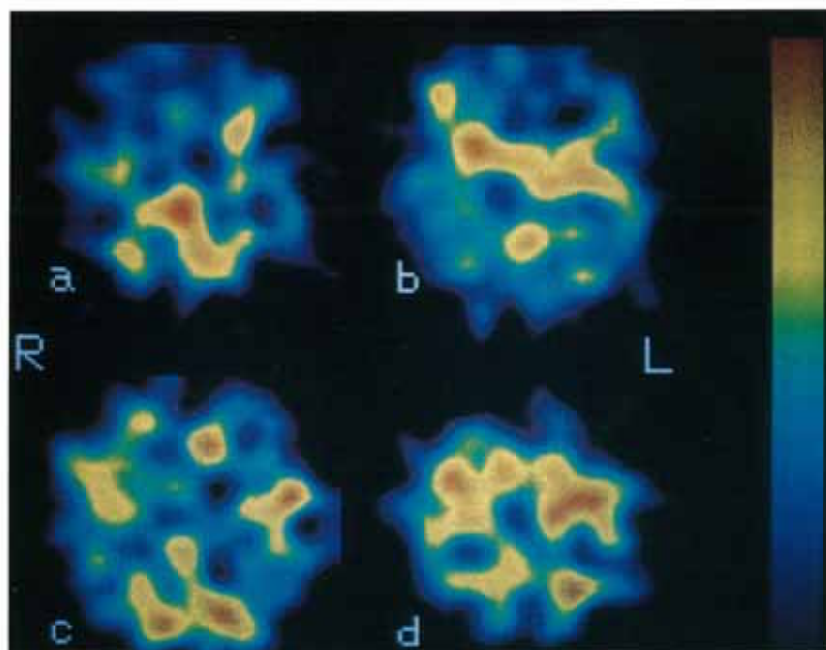


Fig. 2 Case 1 (one-month-old male). Transverse view, ¹²³I-IMP SPECT reveals generalized hypoperfusion of the cerebral cortex. A predominant activity is observed in the basal ganglia and thalamus, with only slight parietal and occipital activity. Color-coded axial images shown in Fig. 2 to 6 are transverse images at the level of the cerebellum (a), the basal ganglia and thalamus (b), the frontal, temporal, occipital lobes (c), and the parietal lobes (d). Red indicates the high pixel counts followed by yellow, green and dark blue. R: right, L: left

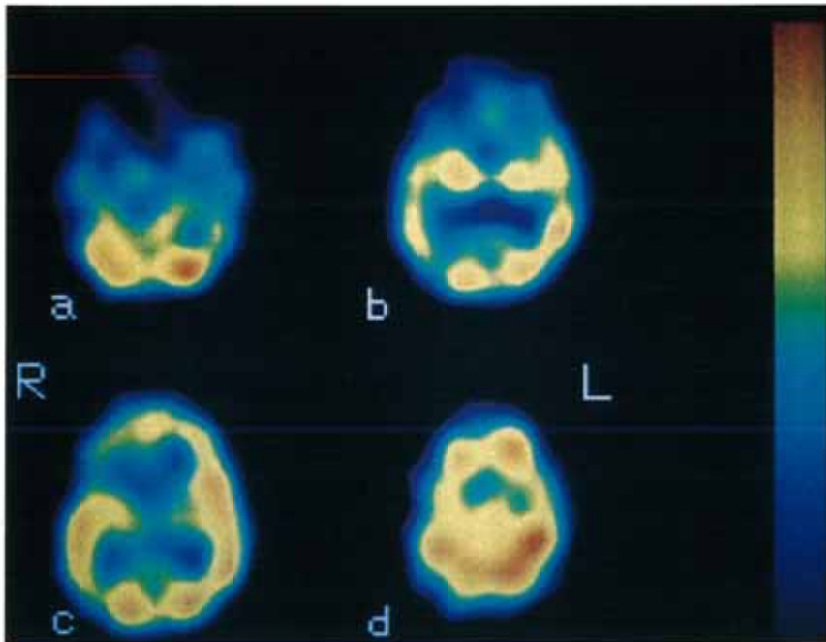


Fig. 3 Case 2 (3-month-old female). ^{123}I -IMP SPECT shows increase in activity of cerebral cortex except for frontal lobes.

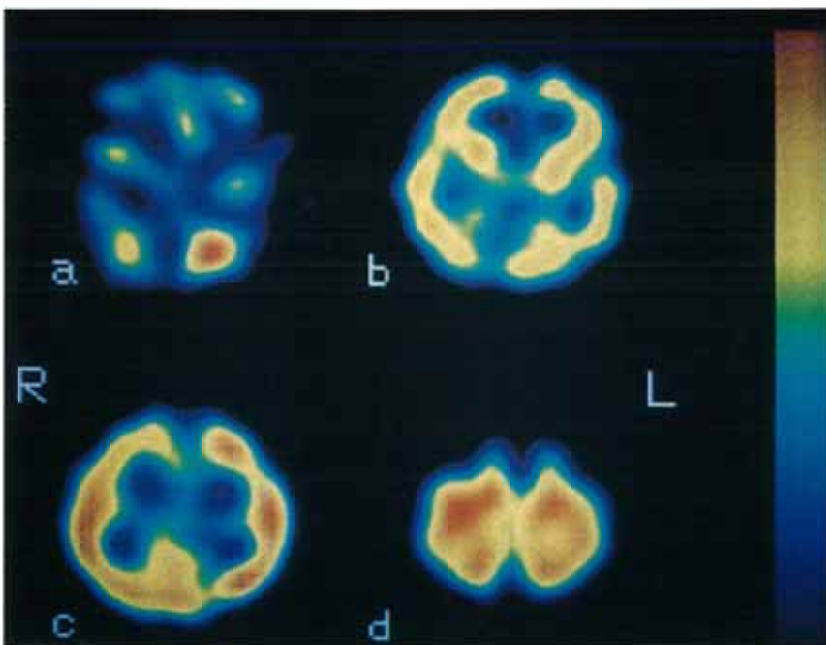


Fig. 4 Case 4 (6-month-old male). ^{123}I -IMP SPECT shows increase in cortical activity. Frontal activity is increased, but is lower than parietal and occipital activity.

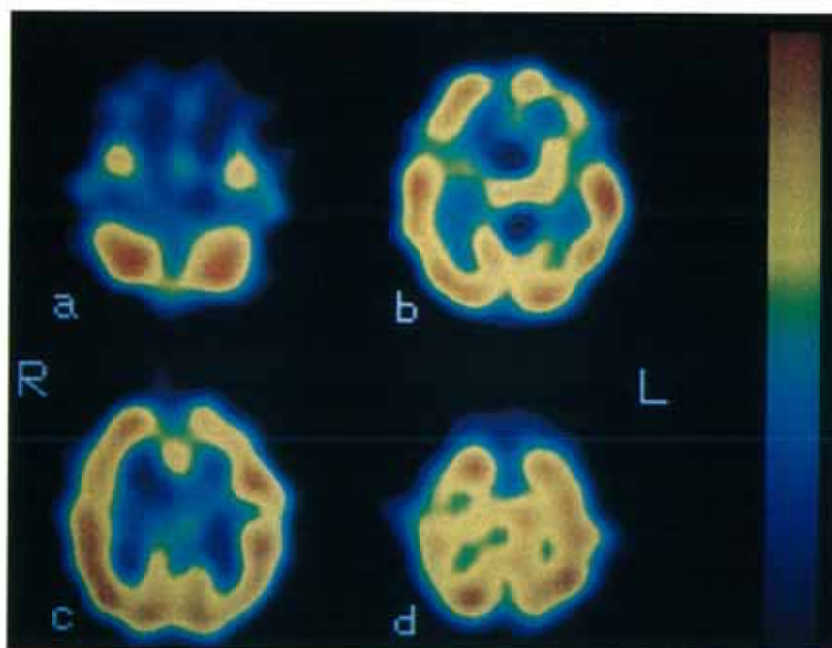


Fig. 5 Case 5 (one-year-old male). ^{123}I -IMP SPECT shows uniform distribution of activity in all cortical area and basal ganglia.

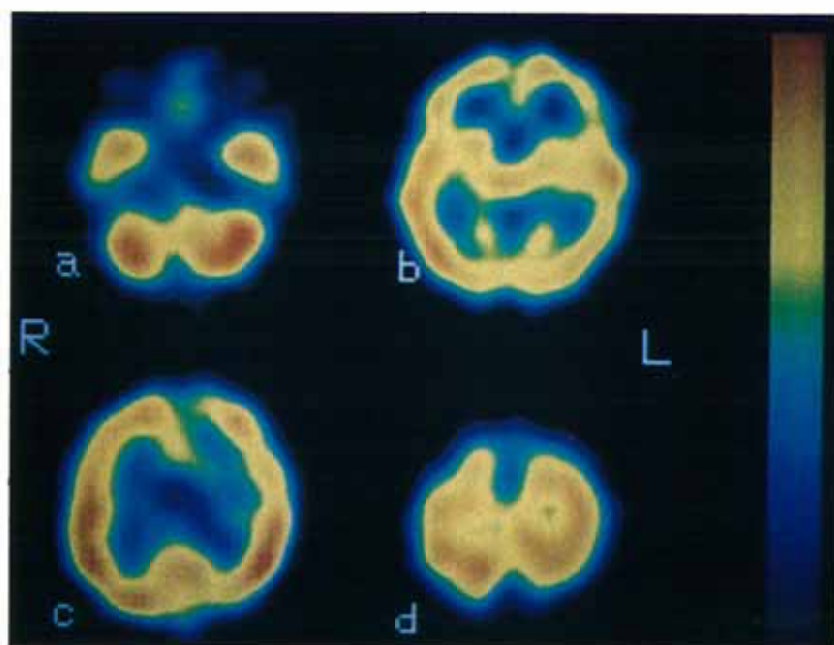


Fig. 6 Case 10 (2-year and 6-month-old male). ^{123}I -IMP SPECT images are similar to those of adult.

38週4日, 2,978gにて出生。けいれんを主訴に精査目的で来院した。けいれんは、初回のみの出現で、当院受診後認めなかった。検査時の身長69cm, 体重9,260g, 頭囲45cm, 胸囲47cm。 ^{123}I -IMP SPECT (Fig. 4)では全大脳皮質の取り込みは比較的増加し、前頭葉の集積も明瞭化している。CTでは、大脳縦裂およびクモ膜下腔の軽度拡大を認め、シルビウス裂溝が比較的明瞭に認められた。

＜症例5＞1歳, 男児。

41週, 3,860gにて出生。出生後の発達遅延を疑われて、 ^{123}I -IMP SPECT, CTを施行した。検査時の身長81cm, 体重9.7kg, 頭囲45cm, 胸囲44cm。 ^{123}I -IMP SPECT (Fig. 5)では、大脳皮質への集積も均等化され、成人の脳形態に近い。CTでは、脳実質の灰白質・白質の区別がはっきりしていた。

＜症例10＞2歳6カ月, 男児。

39週3日, 4,780gにて出生。出生後の発育は順調であったが、歩行中のふらつきを主訴に来院した。歩行中のふらつきは初回のみの出現で、以後出現しなかった。 ^{123}I -IMP SPECT, CTを施行した。検査時身長91cm, 体重13kg。 ^{123}I -IMP SPECT (Fig. 6)では、大脳皮質と大脳基底核および視床への集積は同程度であり、1歳児と比べると前頭葉・側頭葉・後頭葉の区分がより見やすくなってきた。CTでは、側脳室がわずかに見えるのみでクモ膜下腔がほとんどなく、脳実質に明かな異常を認めなかった。

考 察

新生児・乳幼児の脳は発達の過程にあり、成熟度の差がCT上に現れるとされる^{16)~19)}。同様に ^{123}I -IMP SPECT像でも正常像の発達による変化が考えられる。生後1, 3, 6カ月, 1歳, 1歳6カ月, 2歳, 2歳6カ月, 3歳の小児における ^{123}I -IMP SPECT像について検討した結果、正常パターンを新生児期, 3~6カ月期, 1歳以上にまとめることができた。新生児期(生後1カ月まで)では、 ^{123}I -IMPの脳への集積は全体的に低く、大脳皮質の集積は頭頂葉の一部分にしか認めなかった。3~6カ月期では、大脳全体への ^{123}I -IMPの集積が増加し、成長に伴った前頭葉の集積の増加

とともに脳全体の均一な分布に近づいてきた。1歳以上では、大脳皮質と大脳基底核及び視床領域の集積状態が同程度となって良好に描出され、成人の ^{123}I -IMP SPECT像に近似していた。

小児の大脳半球血流量は、5歳未満では成人より高いと言われているが²¹⁾²²⁾、新生児期においてはきわめて低いと報告されている^{23)~25)}。Mentら²⁶⁾は、大脳半球血流量は出生時低いが、その後の成長に伴って増加すると報告している²⁷⁾²⁸⁾。これらのことから、新生児期の大脳半球の ^{123}I -IMP低集積は脳血流量が少ないことによると考えられる。3カ月以降の ^{123}I -IMP SPECT像のパターンも小児の脳の発達に伴う血流変化に一致していると考えられる。

脳の形態的变化は、中江ら²⁹⁾のヒト胎児脳の検討で、間脳、大脳白質、大脳基底核の順に発達し、大脳皮質が最も発達が遅いと報告している。1歳以降の大脳半球は成長が著しく、出生2カ月前に出現する浅い脳裂・脳溝も大脳半球の発達によって明瞭化する³⁰⁾。 ^{123}I -IMP SPECT像は、その集積が脳血流状態を反映する以外に、成長によるシルビウス裂、半球間裂などの大きな形態的变化も描出しているものと考えられる。

Positron Emission Tomography (PET)による研究では、新生児の局所脳グルコース代謝は、視床・中脳・脳幹・小脳で増加し、3カ月で頭頂葉・側頭葉・後頭葉で増加し、8カ月で前頭葉・その他の連合部で増加してくるとされる³¹⁾³²⁾。このPETのパターンは、3カ月以降の ^{123}I -IMP SPECT像のパターンに一致しており、小児の脳の発達に伴う血流変化とグルコース代謝とが並行することがわかる。

鎮静剤の使用が、乳幼児の脳血流に影響を及ぼして、 ^{123}I -IMP SPECT像を変化させた可能性は否定できないが、血圧低下、著名な頻脈・徐脈は認めず、脳循環に大きな変化を及ぼしたとは考えにくい。通常新生児・乳幼児は、鎮静剤使用下で行うことが多く、本研究で明らかにした正常像の変化は、臨床上有意義であると考えられる。

小児へのIMP投与量は、当院ガンマカメラ(ZLC 7500)によるIMP 37MBq以下の投与の撮

像では、診断に十分な情報が得られず74MBq 使用した、IMP 74MBq 使用による被爆線量当量は、MIRD 法によると、膀胱壁1.13、脳0.17、卵巣0.09、睾丸0.06、全身0.07rad で、最大被爆の膀胱壁でCTと同程度であった。¹²³I-IMP SPECT 検査より得られる所見から、許容される範囲内の被爆量と考えられる。

ま と め

1) 乳幼児(生後1ヵ月~3歳)の¹²³I-IMP 脳 SPECT による正常像について検討した。

2) 新生児期の¹²³I-IMP SPECT では、前頭葉領域を中心とした大脳半球の低集積と大脳基底核及び視床領域の相対的集積増加を認めた。

3) 乳幼児の¹²³I-IMP SPECT 画像は、脳の成熟に相関して、生後3ヵ月頃より大脳皮質が描出されはじめ、1歳以降では成人の脳の画像パターンを示した。

本論文の要旨は、第29回日本核医学会総会にて発表した。最後に当院小児科医および核医学技師の方々の協力に感謝します。

文 献

- Winchell HS, Baldwin RM, Lin TH: Development of I-123-labeled amines for brain studies: Localization of I-123-iodophenyl amines in rat brain. *J Nucl Med* 21: 940-946, 1980
- Winchell HS, Horst WD, Braun L, et al: N-isopropyl-(¹²³I) p-iodoamphetamine: Single pass brain uptake and washout; binding to brain synaptosomes; and localization in dog and monkey brain. *J Nucl Med* 21: 947-952, 1980
- Kuhl DE, Barrio JR, Huang SC, et al: Quantifying local cerebral blood flow by N-isopropyl-p-[¹²³I] Iodoamphetamine (IMP) tomography. *J Nucl Med* 23: 196-203, 1982
- 犬上 篤, 相沢康夫, 三浦修一, 他: 脳血管障害の診断における N-Isopropyl-p-[¹²³I] iodoamphetamine の有用性の評価, とくに脳血流量の定量的測定, 医学のあゆみ, 134: 53-57, 1985
- Lee RG, Hill TC, Holman BL, et al: N-isopropyl (I-123) p-iodoamphetamine brain scans with single photon emission tomography: Discordance with transmission computed tomography. *Radiology* 145: 795-799, 1982
- 松田博史, 関 宏恭, 石田博子, 他: N-Isopropyl-p-[¹²³I] Iodoamphetamine とガンマカメラ回転型 ECT による局所脳血流測定, 核医学, 22: 9-18,

1985

- 7) 百瀬敏光, 小坂 昇, 西川潤一, 他: N-isopropyl I-123-p-Iodoamphetamine (I-123 IMP) SPECT —主として crossed cerebellar diaschisis について—, 核医学, 23: 25-33, 1986
- 8) 小坂 昇, 百瀬敏光, 西川潤一, 他: N-isopropyl I-123-p-Iodoamphetamine (I-123 IMP) SPECT によるモヤモヤ病の診断について放射線科, 5: 129-134, 1985
- 9) 小野志摩人, 福永仁夫, 大塚信昭, 他: てんかん患者における N-Isopropyl-p-[¹²³I] iodoamphetamine による Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT), 核医学, 24: 1641-1652, 1987
- 10) 南部敏和, 伊藤和夫, 角 哲雄, 他: ¹²³I-IMP SPECT によるてんかん症例の検討, 核医学, 25: 525-531, 1988
- 11) Denays R, Rubinstein M, Ham H, et al: Single photon emission computed tomography in seizure disorders. *Arch Dis Child* 63: 1184-1188, 1988
- 12) 河村 正: N-isopropyl (I-123) p-iodoamphetamine による Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) を用いたてんかんの検討, 日本医放会誌, 48: 466-479, 1988
- 13) 河村 正, 村瀬研也, 最上 博, 他: 部分てんかんにおける N-isopropyl (I-123) p-iodoamphetamine 投与による Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) —Delayed image の検討—, 日本医放会誌, 49: 630-642, 1989
- 14) 瀧島輝雄, 町田喜久雄, 本田憲業, 他: I-123 IMP 脳血液シンチグラフィによる小児脳疾患の検討, 核医学, 25: 926, 1988
- 15) 瀧島輝雄, 町田喜久雄, 本田憲業, 他: I-123 IMP SPECT による小児脳疾患の評価, 日本医放会誌, 50: 278-285, 1990
- 16) 中田義隆, 榎本貴夫, 牧 豊: 小児 CT スキャン判定上の問題点, 脳と発達, 11: 132-137, 1979
- 17) Picard L, Claudon M, Roland J, et al: Cerebral computed tomography in premature infants, with an attempt at staging developmental features. *J Comput Assist Tomogr* 4: 435-444, 1980
- 18) 島田司己, 奥野武彦, 隅 清臣: CT による小児頭頸部診断, p20-28, 中外医学社, 東京, 1982
- 19) 奥寺利男, 橋本武夫: 新生児疾患, 高橋睦正編, 中枢神経疾患の画像診断, p292-308, 南江堂, 東京, 1989
- 20) Rubinstein M, Denays R, Ham HR, et al: Functional imaging of brain maturation in human using iodine-123 iodoamphetamine and

- SPECT. J Nucl Med 30 : 1982—1985, 1989
- 21) Kety SS: Human cerebral blood flow and oxygen consumption as related to aging. J Chron Dis 3 : 478—486, 1956
- 22) Ogawa A, Nakamura N, Sugita K, Sakurai Y, Kayama T, Suzuki J: Regional cerebral blood flow in children. Normal values and regional distribution of cerebral blood flow in childhood. J Cereb Blood Flow Metabol 5 (Suppl): S97—98, 1985
- 23) Lou HC, Lassen NA, Friis-Hansen B: Low cerebral blood flow in hypotensive perinatal distress. Acta Neurol Scand 56 : 343—352, 1977
- 24) Colditz P, Greisen G, Pryds O: Comparison of electrical impedance and ^{133}Xe clearance for the assessment of cerebral blood flow in the newborn infant. Pediatr Res 24 : 461—464, 1988
- 25) Greisen G, Pryds O: Intravenous ^{133}Xe clearance in preterm neonates with respiratory distress. Internal validation of CBF as a measure of global cerebral blood flow. Scan J Clin Lab Invest 48 : 673—678, 1988
- 26) Ment LR, Scott DT, Lange RC, Ehrenkranz RA, Duncan CC, Warshaw JB: Postpartum perfusion of the preterm brain: Relationship to neurodevelopmental outcome. Child's Brain 10 : 266—272, 1983
- 27) Ment LR, Ehrenkranz RA, Lange RC, Rothstein PT, Duncan CC: Alterations in cerebral blood flow in preterm infants with intraventricular hemorrhage. Pediatrics 68 : 763—769, 1981
- 28) 小川 彰, 吉本高志: 脳の発達と脳循環, 脳神経, 41 : 843—850, 1989
- 29) 中江陽一郎, 後藤 昇, 奈良隆寛: ヒト胎児脳の発達, 脳と発達, 21 : 434—439, 1989
- 30) 黒柳充男: 神経系: 大脳の肉眼的成長と重量, 小川次郎 編, 発達小児科学, p399—400, 医歯薬出版, 東京, 1978
- 31) Chugani HT, Phelps ME: Maturation changes in cerebral function in infants determined by ^{18}F FDG positron emission tomography. Science 231 : 840—843, 1986
- 32) Thorp PS, Levin SD, Garnett ES, et al: Patterns of cerebral glucose metabolism using ^{18}F FDG and positron tomography in the neurologic investigation of the full term newborn infant. Neuropediatr 19 : 146—153, 1988