

《短 報》

健常者における大脳皮質・深部領域間の機能的関連

羽生 春夫* 新井 久之* 阿部 晋衛* 羽田野展由*
 勝沼 英宇* 鈴木 孝成**

要旨 健常成人 22 例の安静時における脳血流量の左右差から、大脳皮質・深部領域間の関連について検討した。脳血流測定には ^{123}I -IMP による SPECT を用い、左右差指数 $\text{AI}=(\text{R}-\text{L})/(\text{R}+\text{L})/200(\%)$ (R: right side, L: left side) を指標とした。AI による深部灰白質と大脳皮質における相関を求めると、上部前頭葉皮質 ($r=0.54, p<0.01$) と頭頂葉皮質 ($r=0.58, p<0.01$) において有意な正の相関が得られ、また大脳皮質平均 ($r=0.48, p<0.05$) においても有意であった。本成績から、健常者の安静時においても大脳皮質・深部領域間には投射線維連絡を介した機能的関連の存在が示唆され、特に、上部前頭葉皮質や頭頂葉皮質と深部灰白質との関連が推測された。

I. はじめに

機能的に連絡された緊密な神経回路網からなる中枢神経系では、限局した病変においても神経線維連絡を介してさまざまな遠隔領域に影響が及ぶ^{1,2)}。大脳皮質病変では、経神経的な機序を介して同側視床や時には基底核部を含む血流や代謝の低下がみられ¹⁻³⁾、さらに慢性期に至るとこれらの萎縮性変化が明らかとなる場合がある³⁾。一方、大脳深部領域の病変、特に視床や内包、あるいは基底核部を含む病変では、同様な機序により同側皮質領域に血流や代謝の低下が観察され^{1,2)}、豊富な投射線維によって連絡された大脳皮質・深部領域間には密接な関連が窺われる。

このような中枢神経系における線維連絡を介した局所間の機能的関連は、健常者においても観察される^{4,5)}。著者らはすでに、主として皮質橋小脳路を介した大脳小脳間の関連は、さまざまな病

的状态^{1,2,6,7)}の他に健常者の安静時にも認められることを報告した⁵⁾。今回同様に、SPECT (single photon emission CT) を用い脳血流量を指標として、健常者の安静時における大脳皮質・深部領域間の機能的関連について検討したので報告する。

II. 対象と方法

対象は 26 歳から 83 歳 (平均年齢 60.6 ± 21.2 歳) までのボランティアと一部健診目的にて当科外来を受診した健常成人 22 例 (男性 16 例, 女性 6 例) である。全例右利きで、精神神経学的検査および頭部 X 線 CT にて異常を認めず、また中枢神経系に影響を与えるような薬物を服用しているものは除外した。

脳血流量は、N-isopropyl-p- [^{123}I] iodoamphetamine (^{123}I -IMP) を用いた SPECT により、十分な安静を保たせた後、臥床閉眼状態のもとで測定した。測定方法の詳細は既報⁵⁾ のとおりである。

関心領域 (ROI) の設定は、脳解剖アトラスを参考にし、slice I (OM 48 mm), slice II (OM 54 mm), slice III (OM 66 mm), slice IV (OM 78 mm) の 4 断面を用いた。Fig. 1 にそのシェーマを示す。slice I, II の深部灰白質 deep gray matter (DG) には 5×5 pixels ($30 \times 30 \text{ mm}^2$) の正方形 ROI を、

* 東京医科大学老年科

** 同 放射線科

受付: 3年2月8日

最終稿受付: 3年3月25日

別刷請求先: 東京都新宿区西新宿 6-7-1 (☎ 160)

東京医科大学老年科

羽 生 春 夫

slice II の下部前頭葉皮質 lower frontal cortex (LF), 側頭葉皮質 temporal cortex (T), 後頭葉皮質 occipital cortex (O), slice III の中部前頭葉皮質 middle frontal cortex (MF), 側頭頭頂葉皮質 temporo-parietal cortex (TP), slice IV の上部前頭葉皮質 upper frontal cortex (UF), 運動感覚皮質 motor-sensory cortex (MS), 頭頂葉皮質 parietal cortex (P) には, 隣接した 3×3 pixels (18×18 mm²) の正方形 ROI をそれぞれ左右対称となるように設定した. 本法の解像力 (FWHM 約 15 mm) から大脳深部の各領域にそれぞれ ROI を設定することは困難と考えられるため, ここでは視床, 内包, 基底核部を含む領域を深部灰白質としてまとめた. ここで隣接した 2 か所の ROI にお

ける RI カウント数を測定, 各領域について左右差指数 Asymmetry index (AI) = $(R-L)/(R+L)/200$ (%) (R: right side, L: left side) を算出し, 脳血流量の左右差の指標とした. そして AI から, 大脳皮質局所, 皮質平均 mean cortical hemisphere (HE) (LF, MF, UF, T, TP, MS, P, O による平均) と深部灰白質との相互関係について検討した.

なお被検者には検査内容を十分に説明し, 検査施行に対する承諾を得た.

III. 結 果

Table 1 に AI による 深部灰白質と大脳皮質局所, 皮質平均における相関係数を示す. この中で, 局所的には上部前頭葉皮質 ($r=0.54, p<0.01$) と

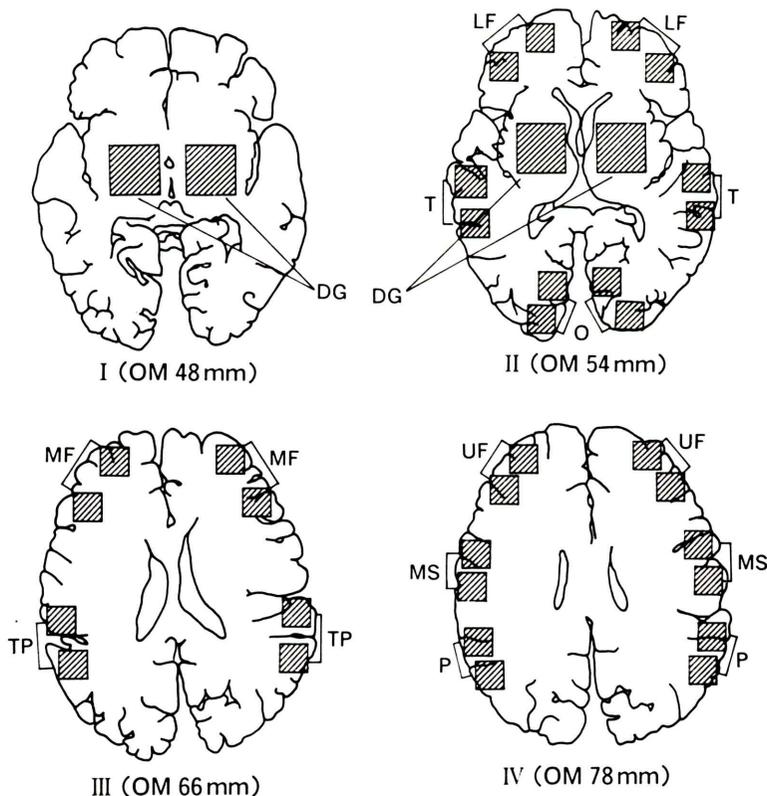


Fig. 1 Scheme for ROIs positioning in each brain slice. DG: deep gray matter, LF: lower frontal cortex, MF: middle frontal cortex, UF: upper frontal cortex, T: temporal cortex, TP: temporo-parietal cortex, MS: motor-sensory cortex, P: parietal cortex, O: occipital cortex.

頭頂葉皮質 ($r=0.58, p<0.01$) において有意な正の相関が得られ、また大脳皮質平均 ($r=0.48, p<0.05$) においても有意であった。Fig. 2 に深部灰白質と大脳皮質平均における相関関係 ($Y=0.51+0.31X$) を図示する。

IV. 考 察

神経活動と脳血流との関連については、最近い

Table 1 Correlation coefficients (r values) between AIs in each of cortical subregions and AI in deep gray matter

Region	r value
LF	0.18
MF	0.41
UF	0.54*
T	-0.01
TP	-0.05
MS	0.26
P	0.58*
O	-0.05
HE	0.48**

* $p<0.01$ ** $p<0.05$

くつかの問題が提起されているが、少なくとも健常者の生理的条件下では、局所神経活動の変化は局所脳代謝量や局所脳血流量の変化とほぼ平行するものと考えられている。したがって、脳血流量の変化から神経機能の活動性を推定することができ、われわれは脳血流量の左右差指数 (AI) を指標として、皮質・深部領域間の機能的関連を検討した。なお、AI の評価に際して本装置の解像力を考慮し、各領域に隣接したいくつかのピクセルからなる2か所の ROI を設定 (各皮質: $18 \times 18 \text{ mm}^2$, 深部灰白質: $30 \times 30 \text{ mm}^2$) することにより、測定誤差や部分容積効果の影響が少なくなるように努めた。

本検討から、大脳皮質と深部灰白質の間には脳血流量の左右差による有意な正の相関が得られた。これは皮質・深部領域間には機能的関連の存在することを示唆している。

解剖学的に、視床や線状体などの深部灰白質と同側大脳皮質とは緊密な神経線維によって連絡されている⁸⁾。特に視床は大脳皮質との間に豊富な出入力線維によって結合されている。視床の特殊

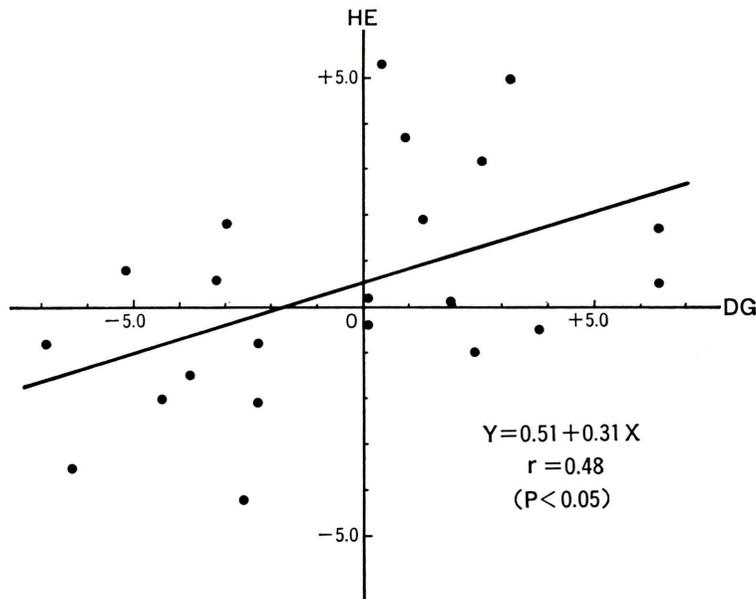


Fig. 2 Correlation between AI in deep gray matter (DG) and AI in mean cortical hemisphere (HE).

核群からは特定の皮質野に投射し、そこから視床核に線維連絡を受け、非特殊核群からは広範な大脳皮質へ投射し、連合核群は皮質連合野と線維結合がある。また被殻や尾状核は新皮質のほぼ全域より線維連絡を受ける。そして、これら視床皮質線維や皮質視床線維、および皮質線状体線維は他の上行性、下行性投射線維とともに内包の中で密に集合している。

このような緊密な神経線維によって結合された領域に病変が生じると、*deafferentation* または *deafferentation* を含む線維連絡の遮断により、その投射部位に機能低下の生じることが明らかにされている¹⁻³⁾。本成績から、健常者の安静時においても、皮質・深部領域間には経神経的な機序を介した機能的関連の存在することが推測された。

局所的には、大脳皮質領域の中でも上部前頭葉皮質や頭頂葉皮質との間にのみ有意な関連がみられた。この理由については不明であるが、皮質・深部間を連絡する神経線維密度の解剖学的分布とともに、局所的な機能的優位性の存在などをも考慮する必要があるかもしれない。健常者の安静覚醒時における脳血流量が大脳皮質領域で必ずしも均一ではないように、神経機能の活動性は安静時においても局所により異なるものと考えられる。したがって、皮質・深部間の関連が局所的には機能的に差がある可能性も推測される。この点に関しては、今後の生理学的手法などを用いた研究が必要と思われる。さらに、本検討では装置の分解能の限界から、視床や基底核部を一括し深部灰白質としてまとめたが、これらの皮質領域との線維連絡やその臨床生理学的意義などを考慮すれば、大脳皮質との関連は深部組織の中でも決して均一なものではないと想像される。これは今後の装置の解像力の向上に期待し、再検討を要する問題と考える。

中枢神経系は機能的に連絡された豊富な神経回路網から構成されるため、神経線維連絡を介した

局所間の密接な関連は、脳血管障害のような局在性病変のみならず¹⁻³⁾、アルツハイマー型老年痴呆のような変性疾患にも認められている^{6,7)}。また、このような局所間の機能的関連は健常者の大脳小脳間^{4,5)}や、本検討による大脳皮質・深部領域間にも観察され、さらにその他の領域間にも認められる可能性がある。

V. 結 語

健常者の安静時における脳血流量の左右差指数(AI)を指標として、大脳皮質・深部領域間の相互関係について検討した。上部前頭葉皮質や頭頂葉皮質と深部灰白質との間に有意な正の相関が得られ、皮質・深部間の線維連絡を介した機能的関連の存在することが示唆された。

文 献

- 1) Feeney DM, Baron JC: *Diaschisis*. *Stroke* **17**: 817-830, 1986
- 2) 羽生春夫, 新井久之, 小林康孝, 他: 脳梗塞における *remote effects*—¹²³I-IMP SPECT による検討一. *核医学* **27**: 629-638, 1990
- 3) 羽生春夫, 阿部晋衛, 新井久之, 他: 大脳皮質病変の同側視床に及ぼす影響. *脳神経* **43**: 255-261, 1991
- 4) Junck L, Gilman S, Rothley JR, et al: A relationship between metabolism in frontal lobes and cerebellum in normal subjects studied with PET. *J Cereb Blood Flow Metab* **8**: 774-782, 1988
- 5) 羽生春夫, 新井久之, 羽田野展由, 他: 健常者における大脳小脳間の機能的関連. *核医学* **28**: 221-227, 1991
- 6) Akiyama H, Harrop R, McGeer PL, et al: Crossed cerebellar and uncrossed basal ganglia and thalamic diaschisis in Alzheimer's disease. *Neurology* **39**: 541-548, 1989
- 7) 新井久之, 羽生春夫, 小林康孝, 他: アルツハイマー型老年痴呆における局所脳循環の左右差について—¹²³I-IMP SPECT による検討一. *核医学* **27**: 1401-1410, 1990
- 8) Carpenter MB: *Core text of neuroanatomy*. 2nd edition, Williams & Wilkins, Baltimore, 1978, p. 186

Summary

The Functional Relationship Between the Cerebral Cortex and Deep Brain Areas in Normal Individuals

Haruo HANYU*, Hisayuki ARAI*, Shinei ABE*, Nobuyoshi HATANO*, Hideyo KATSUNUMA* and Takanari SUZUKI**

**Department of Geriatric Medicine, **Department of Radiology, Tokyo Medical College, Tokyo*

Recent PET or SPECT studies have demonstrated a reduction of blood flow and metabolism in the cortex ipsilateral to a deep-seated lesion, and in the thalamus and/or basal ganglia ipsilateral to a cortical lesion. A close relationship between the cerebral cortex and deep areas of the brain has been shown in pathological conditions, presumably because of functional interconnections between the cortex and deeper area. The present study was designed to investigate the relationship of cerebral blood flow in the cerebral cortex to that in the deep gray matter including the basal ganglia and the thalamus in normal subjects. Twenty-two healthy subjects were studied using SPECT with N-isopropyl-p-[¹²³I]iodoamphetamine while in a resting state. The asymmetry index (AI) of blood flow in both the cerebral cortex and deep gray

matter was calculated as follows; $AI = (R - L) / (R + L) / 200$ (%) (R: right side, L: left side). The AI in deep gray matter was significantly correlated with the AI values in the upper frontal cortex ($r = 0.54$, $p < 0.01$), and parietal cortex ($r = 0.58$, $p < 0.01$), as well as the mean cortical hemispheric AI ($r = 0.48$, $p < 0.05$). Our results suggest the existence of a functional relationship between the cerebral cortex and deep areas not only in pathological conditions but also in the resting state in normal subjects. This functional relationship is likely to be mediated by neuronal mechanisms through the projectional fiber connections between the cortex and the deep gray matter.

Key words: Cerebral cortex, Deep gray matter, Cerebral blood flow, SPECT, ¹²³I-IMP.