視覚障害と脳の代謝パターンの関連について

清 澤 源 弘

(東北大学医学部眼科学教室)

Correlationship Between Visual Impairments and Cerebral Metabolism Patterns

Motohiro Kiyosawa, M. D.

(Department of Ophthalmology, Tohoku University School of Medicine)

I はじめに

通常人間の視覚に伴う脳の活動を測定するには視覚誘発電位が用いられている。殊に立体トポグラフィー脳波は臨床的にも解り易いが、定位置性と定量性に欠点が残る。脳が活動する時のエネルギーとして利用されるグルコースの消費量を放射線を用いて臨床的に測定する方法がポジトロンエミッショントモグラフィー (PET) のFDG法である。本法は定位性と定量性にすぐれていて人間の脳が物をどうやって見ているかを教えてくれる。

サイクロトロンにより作られるフッ素18を用いてFDGが合成される。FDGは人体投与の為の品質検査の後に静注される。FDGは血液中のグルコースと共に脳に取り込まれて解糖系の流れに入り糖消費の盛んな所に蓄積される。ここでFDGの中のフッ素18はポジトロンを出し、更にこのポジトロンが体内で γ 線に変わったものをCTスキャン様のPETで測定する。

この測定にかかる時間は約60分である。正確な定量には動脈採血の併用が望ましい。本報ではおもに我々のデータを用いて、この方法による視覚に伴う脳のブドウ糖代謝の変化を説明する。

II 視路の概要

光は網膜にて神経興奮に変換され、網膜上での処理を受けたのち視神経、視交叉、視索を経て外側膝状体へと伝わる。視交叉前の障害が片眼の視力低下を、また視交叉後の障害が同名半盲をきたすことはよく知られている。外側膝状体のシナプスをこえて、視覚情報は側脳室の脇を回る視放線を経て第一次視覚領(有線領皮質)に至る。この第一次視覚領は後頭葉内側にあり、視野を左右、上下を逆にして更に後頭葉の先端が視野の中心に来る様に配置した形をしている。この第一次視覚領は後頭葉外側面の連合領に神経線維を送っていて、これが視覚連合領とよばれるものである。

連絡先 (〒980) 仙台市青葉区星陵町1-1

東北大学医学部眼科学教室

Key Words: Positron Emission Tomography,

PET, Cerebral metabolism,

Vision

Ⅲ 視覚刺激と脳代謝

通常人間は特に注意していなくても開眼していれば何かを見ている。このときの眼からの脳へのインパルスは、安静閉眼状態の“流れ”と視覚情報の“流れ”の合わさったものになるだろう。これらの関係を検討するには、まず両眼を閉じてみるとよい。PET画像をながめてもわからない位の差だが、定量してみると後頭葉内側の第一次視覚領に約14%の低下がおきていることがわかる¹⁾。

次に光刺激だが、パターンリバーサル checkerboard 刺激はその頻度やサイズによって異なった刺激を脳に与えることが知られている。またパターンリバーサルは脳の高次機能に関係する様な情報を含まないという特徴を持つ。Kushner の実験ではこのパターンリバーサル刺激による脳の賦活効果は約15%位のものであることがわかった²⁾。

日常生活において我々が目を使うという作業をする時、例えば読書をする時、目より入った情報は次々に視覚連合領へと伝わり分析されてゆく。だから読書時のPETは脳の糖代謝の増加が第一次視覚中枢に限らず視覚連合領にも広がっていることを示す³⁾。最大ではこの賦活効果は第一次視覚領でも視覚連合領でも安静時の50%にもなる。

Ⅳ 視覚障害と脳代謝

最も明らかな失明状態は両眼性の視神経障害でみとめられる。殊に発症してから間もない成人の両側視神経障害では本来脳に入るべき安静時の目からのインパルスまで止まってしまうので、脳の後方半分を切り落とした様な第一次視覚領、視覚連合領に広がる広範な代謝低下を示す(図1)。両眼性緑内障なども同様である¹⁾。

一方、生後すぐに視力を失った人では、両眼性の失明者でもほぼ正常の後頭葉代謝を示すことが知られている^{4) 5)}。これについては、視覚の発達に伴いシナプスが増加し、更にこれが選択的にけずられることで正常な視覚が形成されてゆくという正常な経過をへていないことがその原因だと説明されている。

図1：両眼視神経障害者の脳糖代謝

両側性虚血性視神経症では第一次視覚領(小矢印)及び視覚連合領(大矢印)を含む広範な後頭葉の糖代謝低下が認められる。

弱視についてはどうであろうか？ 弱視を対象とした Demer の研究により明らかなことは、良い眼を刺激した方が弱視眼の刺激をした時よりも視覚領はよりよく働くということだけである⁶⁾。より詳しい研究がまたれる所であろう。

半盲は視路の障害により両眼で視野の半分が失われる状態であるが、同名性半盲では片側の第一次視覚領が働きを失う。この結果 checkerboard で両眼に全視野刺激をした時の陳旧例では、健常半球の視覚領皮質の代謝の増加と、傷害側半球での代謝の低下が重なり、この時の左右不対称は約22%になった³⁾。

しかし、半盲の原因が発症したばかりの脳梗塞となると状況は変わる。脳はそれぞれの部位が、互いに信号を送り合って全体としての緊張を保っているので、視野に欠損をおこす程度の中大脳動脈の梗塞などがおきると脳全体の活動が弱くなってしまう。時には意識水準の低下などの形をとるが、発症初期の中大脳動脈梗塞例での後頭葉の糖代謝は正常人に比べると患側で70%の低下、対側でも60%もの低下を示した⁷⁾。

最後に示すのは、高次視覚障害とよばれるものである。代表的なものが視覚障害を伴うアルツハイマー病であって、臨床症状としては、原

因のはっきりしない読書困難、自分のいる環境がわからない、物にぶつかる、同時に2つのものが認識できないなどと訴える。臨床検査では、二重五角形の転写不能、石原式色覚検査の不能、及びチトマス立体視試験での立体視の欠如が認められる (図2)。

図2：アルツハイマー病検査に有用な諸検査用具
二重五角形転写検査、石原式色覚検査及びチトマス
立体視試験はいずれも簡単な検査であるが、視覚症
状を伴うアルツハイマー病の検出には非常に有用で
ある。

しかし視力や、視野自体は保たれているのである。この患者に特有な脳糖代謝の低下は視覚連合領から角回にかけてであって、視覚に伴う認識が特異的におかされるという本疾患の特徴をよく示している⁸⁾ (図3)。最近の報告では視路のうちの動きや深度覚に関連する部分 (Magnocellular system) が本疾患では特に傷害されるという説も提出されている。

これらの関係をグラフにしたのが図4である。横軸に第一次視覚領をとり縦軸に視覚連合領をとった。脳の代謝はほぼ45度の線上にあるが、アルツハイマー病ではその線から外れている⁹⁾。

図3：アルツハイマー病の脳糖代謝
典型的な視覚障害を伴うアルツハイマー病患者の
脳代謝は視覚連合領が特異的に欠落する (矢印)。

図4：様々な刺激や病態による後頭葉糖代謝
基本的には視覚連合領の代謝は第一次視覚領の代
謝に依存しているので正の相関を示している (文献
1, 2, 3, 7, 8より作成。文献9より引用)。

V ま と め

ポジトロン断層法によって、視覚刺激や視覚障害に伴う人間の脳の代謝の変化がわかる。主な変化は後頭葉視覚領にあらわれるが、その刺激や障害によってはより広範な変化が認められる。それは、大脳視覚領が単に感覚としての受容の終点ではなく、脳内情報処理や行動への始点でもあることを示している。ポジトロン断層法は未だ特殊な検査であるが、今後視覚生理学上の問題の解明や臨床への幅広い応用が期待される。

稿を終えるにあたり、PETの施行に協力いただいた東北大学サイクロトロンRIセンター各位、眼科中川陽一先生、老人科目黒謙一先生に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Kiyosawa M, Bosley TM, Kushner M. et al.: Positron emission tomography to study the effect of the eye closure and optic nerve damage on human cerebral glucose metabolism. *Am. J. Ophthalmol.* 108 : 147-152, 1989.
- 2) Kushner MJ, Rosenquist A, Alavi A, et al.: Cerebral metabolism and patterned visual stimulation: a positron emission tomographic study of the human visual cortex. *Neurology*: 38 : 89-95, 1988.
- 3) Kiyosawa M, Mizuno K, Hatazawa J, et al.: Metabolic imaging in hemianopsia using positron emission tomography with ^{18}F -deoxyglucose. *Am. J. Ophthalmol.* 101 : 310-319, 1986.
- 4) Bosley TM, Kiyosawa M, Moster M, et al. Neuro - imaging and positron emission tomography of congenital homonymous hemianopia. *Am. J. Ophthalmol.* 111 : 413-418, 1991.
- 5) Varaart C, Devolder AG, Wanet - Defaque MC, et al. Glucose utilization in human visual cortex is abnormally elevated in blindness of early onset but decreased in blindness of late onset. : *Brain res.* 510 : 115-121, 1990.
- 6) Demer JL, Von Noorden GK, Volkow ND, Goukd L. : Imaging of cerebral blood flow and metabolism in amblyopia by positron emission tomography. *Am. J. Ophthalmol.* 105 : 337-347, 1988.
- 7) Kiyosawa M, Bosley TM, Kushner M. et al. Middle cerebral artery strokes causing homonymous hemianopia : positron emission tomography. : *Ann Neurol* 28 : 180-183, 1990.
- 8) Kiyosawa M, Bosley TM, Chawluk J. Jamieson D, et al. : Alzheimer's disease with prominent visual symptoms, Clinical and metabolic evaluation. *Ophthalmology* 96 : 1077-1096, 1989.
- 9) 清澤源弘, 中川陽一 : 脳循環代謝と視覚, 眼科34: 559-566, 1992.