

《ノート》

Xe-133 吸入法による局所脳血流測定時の
終末呼気 CO₂ 濃度とその補正の必要性Fluctuation of End-tidal CO₂ Concentration at rCBF Measurement by Xe-133
Inhalation and the Necessity of its Correction for CO₂

駒 谷 昭 夫*

Akio KOMATANI

Department of Radiology, Yamagata University School of Medicine, Yamagata, Japan

I. はじめに

終末呼気 CO₂ 濃度は、肺疾患がない場合動脈血炭酸ガス分圧 (PaCO₂) をよく反映し¹⁾、その変動は、脳血流変動の要因となることはよく知られている^{2,3)}。Xe-133 吸入の脳血流測定法では、鼻腔内高濃度の Xe-133 に起因する誤差を避けるために、フェースマスクよりマウスピースの使用が望ましいが⁴⁾、マウスピースによる呼吸は、呼吸パターンの変化をきたしやすく、終末呼気 CO₂ 濃度変動の一因となる⁵⁾。日常の安静時検査において、呼吸パターンはほぼ安定状態であるにもかかわらず、終末呼気 CO₂ 濃度は、被検者ごと、検査ごとにかなり変動していることに気がついた。その変動や再現性の実態を整理し、被検者の年齢、体温、および入院、外来の差異などの因子と、終末呼気 CO₂ 濃度との対応づけを試みた。また、その変動が脳血流に及ぼす影響と、日常の検査における CO₂ 補正の意義、必要性について考察を行った。

II. 測定装置と測定法

脳血流の測定は、リング型シングルフォトンエミッション CT (島津製 HEADTOME: SET-021) にて行った。1 分間の Xe-133 30~50 mCi (1.11~1.85 GBq) 混合空気呼吸に引き続く 5 分間の室内空気呼吸による洗い出しの、いわゆる 6 分法でデータの収集を行った。局所脳血流の算出には Kanno, Lassen の sequential picture 法⁶⁾を用いた。断層面の中心は、OM+35 mm と OM+70 mm とし、同時 2 スライスの局所脳血流像を作成した。

終末呼気 CO₂ 濃度の測定は、マウスピースに挿入した細いチューブより呼吸ガスの一部を連続的にサンプリングし、Xe-133 放射能濃度測定回路通過後、呼気ガスモニター (三栄製 1H-21A) に導き連続的に行った。呼吸ガス中 CO₂ 濃度 (%) はペンレコーダに記録し、脳血流測定中における一呼吸ごとの終末呼気時の平均 CO₂ 濃度を終末呼気 CO₂ 濃度とした。

体温は、脳血流測定中の腋下の温度とし、デジタル体温計 (テルモ C-20 型) にて測定した。

* 山形大学医学部放射線科

受付: 元年 5 月 29 日

最終稿受付: 元年 10 月 13 日

別刷請求先: 山形市飯田西 2-2-2 (☎ 990-23)

山形大学医学部放射線科

駒 谷 昭 夫

Key words: Regional cerebral blood flow, Xe-133 inhalation method, CO₂ correction, End-tidal CO₂ concentration.

III. 結 果

1. 健常者における年齢との関係

健常者55例(1.3~77歳)の脳血流測定中の終末呼気CO₂濃度と年齢との関係をFig. 1に示す。終末呼気CO₂濃度は、年齢が高くなるにつれて緩やかに増加する傾向、および終末呼気CO₂濃

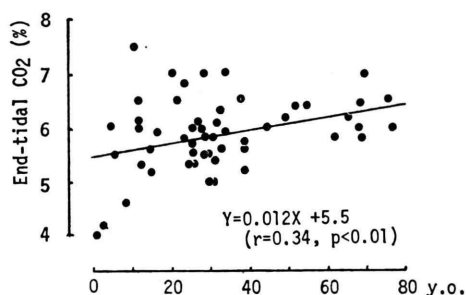


Fig. 1 End-tidal CO₂ concentration as a function of age in normal subjects.

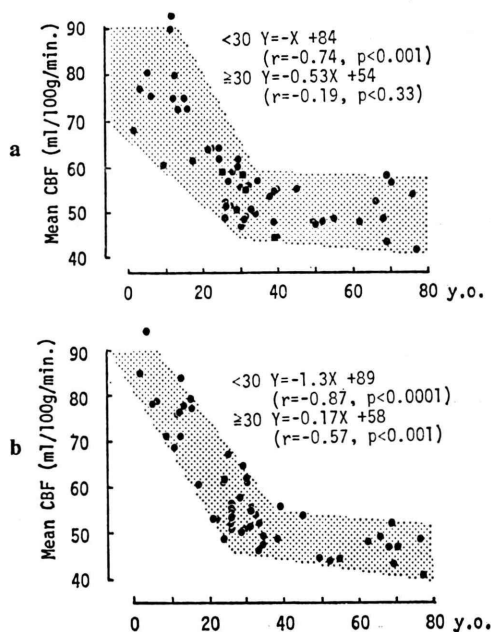


Fig. 2 Mean CBF as a function of age; before (a) and after (b) the correction of mean CBF data for end-tidal CO₂ concentration. The correlation coefficient and the significance level seem to be improved by the correction.

度のばらつきの程度は若年ほど大きい傾向が認められた。20~30歳代でも終末呼気CO₂濃度は5~7%と2%もの幅でばらついた。終末呼気CO₂濃度(%)に対する脳血流の反応率(%CBF/%EtCO₂)を0.14(PaCO₂ 1 mmHgあたり3.6%に相当)とすると⁴⁾、この5~7%の終末呼気CO₂濃度の変動幅は、脳血流 50 (ml/100 g/min) に対し、42.5~55.5 (ml/100 g/min), すなわち約 ±13%の変動をもたらすことになる。健常者全例の平均終末呼気CO₂濃度は、5.8% (41 mmHg PaCO₂に相当)であったので、この値に正規化するCO₂補正を行った。健常者の全脳平均脳血流値(2断面全体)の年齢分布をFig. 2に示す。同図(a)は終末呼気CO₂濃度による補正前の生データ、(b)は終末呼気CO₂濃度5.8%に規格化した後の平均脳血流の年齢分布である。CO₂補正により、脳血流値のばらつきは明らかに小さくなった。

2. 体温と終末呼気CO₂濃度の関係

風邪で発熱しているボランティアの終末呼気濃度CO₂および脳血流値が、異常に高値であった経験をきっかけに、体温と終末呼気CO₂濃度との関係を調べてみた。一定期間中に脳血流測定を

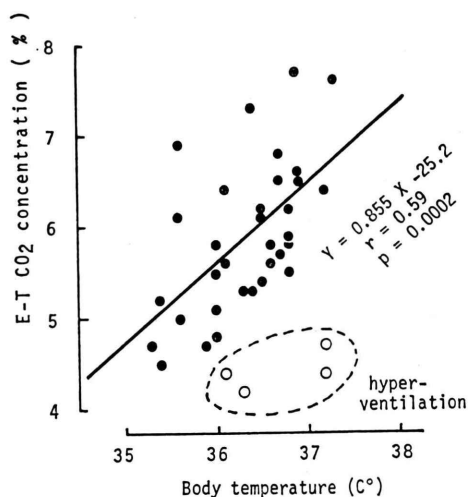


Fig. 3 Correlation between end-tidal CO₂ concentration and body temperature. Open circles are of the cases of hyper-ventilation.

行った全症例を対象とし、検査中の体温を計った総数37例の体温に対する終末呼気 CO₂ 濃度の散布図を Fig. 3 に示す。37 例のうち過呼吸の状態であった 4 例は、相関係数の算出上除外した。安静平常呼吸を行った 33 例においては、終末呼気 CO₂ 濃度と体温との間には有意な正の相関関係が認められ、相関係数は 0.59 ($p < 0.0002$) であった。過呼吸の 4 例は、終末呼気 CO₂ 濃度は著しく低値となり、他の安静平常呼吸を行った群の散布から大きくかけはなれた。

3. 入院時と外来通院時の差異

日頃、同一被検者でも、入院時の脳血流測定値が、外来通院時に比べやや低い傾向があったので、両者間の終末呼気 CO₂ 濃度の差異を調べてみた。対象は、同一患者が入院時と外来通院時にまたがり、それぞれの時期に脳血流測定の検査を行った 32 例で、その内訳は、精神神経疾患(痴呆, 分裂病, てんかん)20例, 脳血管障害 (TIA, RIND) 12 例である。

外来通院時の検査が先行したのが 17 例で、入院時の検査が先行したのは 15 例であり、また、先に行った検査時の終末呼気 CO₂ 濃度の方が後に行った時のそれに比べ高かったのは 12 例、不変は 7 例、逆に後に行った時の方が高かったのは 13 例で、いずれの間にも有意の差がなかった。すなわち、

検査の順序による影響は認められなかった。

しかし、外来通院時の方が高値であったのが 20 例、入院、外来同値であったのは 7 例、逆に入院時の方が高値であったのは 5 例だけであった (Fig. 4)。図中、入院時の方が高値の 5 例は点線で示した。この 5 例の内訳は、老年期痴呆 (SD) 2 例, 多発梗塞性痴呆 (MID) 2 例, 一過性脳虚血発作 (TIA) 1 例で、病態特異性は認められなかった。平均値および SD は、外来通院時の検査では 5.95 ± 0.63 (%), 入院時では 5.65 ± 0.63 (%) であった。対検定上明らかな有意差があり ($p < 0.0001$)、入院時の終末呼気 CO₂ 濃度は、外来通院時に比べ低い傾向が認められた。

IV. 考 察

Xe-133 吸入法における測定手技上の誤差要因として、頭部データの収集開始時期、スパイロバッグの設定容量、および鼻腔内高濃度 Xe-133 からの散乱線などがあるが、いずれも工夫次第で最小限にとどめることが可能である⁷⁾。一方、被検者側に起因する脳血流変動の因子としては、病態の変化のほかに、脳組織の興奮状態の変化や、PaCO₂ の変化などがある⁸⁾。なかでも、PaCO₂ の変化は、脳血流をもっとも鋭敏に変動させる因子であるが、その変動は補正することが可能である^{3,4)}。終末呼気 CO₂ 濃度や PaCO₂ は、過呼吸状態になると低下するなど、呼吸パターンによっても鋭敏に変化する。マウスピースによる呼吸は、不安や不慣れのため、しばしば呼吸パターンの変化をもたらすが⁹⁾、痴呆患者の場合その傾向が著明であった⁴⁾。

しかし、呼吸パターンの変化だけでは説明し難い終末呼気 CO₂ 濃度の変化が認められたので、その変化の要因を年齢、体温、および入院・外来の差異に求め、それらとの関係を調べた。その結果、健常者においても終末呼気 CO₂ 濃度のばらつきは大きく、特に若年者では低値方向にばらつく傾向が著しかった。マウスピースによる呼吸パターンの変化、とりわけ過呼吸がその主因と考えられる。

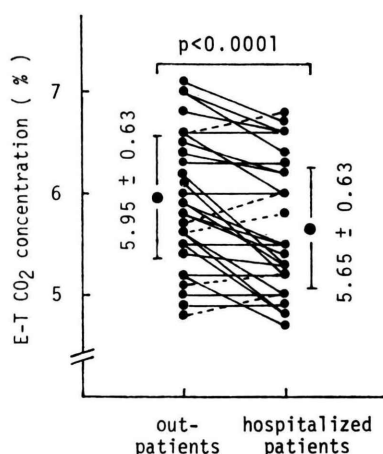


Fig. 4 Difference in end-tidal CO₂ concentration between at out-patient and at hospitalized patient.

一方、体温が高い場合や、入院時より外来通院時の方が終末呼気 CO_2 濃度は高くなる傾向が認められた。これらの傾向は、全身の代謝や活性の亢進による。すなわち、種々の交通手段を用いての通院や高体温は全身の代謝や活性の亢進を促し、その結果終末呼気 CO_2 濃度が高くなると推測される。

いずれにしても、終末呼気 CO_2 濃度の個人差や経時的変動幅は、安静状態でも意外に大きく、再現性も乏しいことがわかった。そして、この変動幅は、脳血流測定値の評価上、無視し難いと考えられる。したがって、安静状態、平常安定呼吸下の測定値でも、特に経過観察においては、 CO_2 の補正は必須であり、その意義はきわめて大きいと考える。

V. まとめ

終末呼気 CO_2 濃度は、呼吸パターンのみならず、年齢、体温、および入院・外来の生活状態の差異など種々の因子により変化し、その変動は脳血流測定上無視できない。

したがって、脳血流測定値の CO_2 補正は、日常の安静状態での検査においても必須であり、その意義はきわめて大きい。

文 献

- 1) Guyton AC: Physiology of the human body. Saunders College Publishing, Philadelphia, 1979, p. 244
- 2) Reivich M: Arterial PCO_2 and cerebral hemodynamics. Am J Physiol **206**: 25-35, 1982
- 3) Yaksh TL, Anderson RE: In vivo studies on intracellular pH, focal flow and vessel diameter in the cat cerebral cortex: Effects of altered CO_2 and electrical stimulation. J Cereb Blood Flow Metab **7**: 332-341, 1987
- 4) 駒谷昭夫, 山口昂一, 蟻 眞弘, 他: 痴呆患者における rCBF 測定中の終末呼気 CO_2 濃度の変動とその影響および補正について. 核医学 **26**: 165-170, 1989
- 5) Hirsh JA, Bishop B: Human breathing patterns on mouthpiece or face mask during air, CO_2 , or low O_2 . J Appl Physiol **53**: 1281-1290, 1982
- 6) Kanno I, Lassen NA: Two methods for calculating regional cerebral blood flow from emission computed tomography of inert gas concentrations. J Comput Assist Tomogr **3** (1): 71-76, 1979
- 7) 駒谷昭夫, 高橋和栄, 安久津徹, 他: 局所脳血流測定精度を左右する因子の検討——HEADTOME による Xe-133 吸入法について——. 核医学 **23**: 1019-1024, 1986
- 8) 上村和夫(分担), 放射線医学大系 32 巻 A, 中山書店, 東京, 1986, pp. 77-87
- 9) Mathew RJ, Wilson WH: Cerebral blood flow changes induced by CO_2 in anxiety. Psychiatry Research **23**: 285-294, 1988