

《ノート》

二回注入法とストレスデジタル肺血流像

Two Injection Method and Stress-DPI

田中 健* 広沢弘七郎* 牧 正子** 日下部きよ子**
山崎統四郎***

Takeshi TANAKA*, Koshichiro HIROSAWA*, Masako MAKI**,
Kiyoko KUSAKABE** and Toshiro YAMAZAKI***

*Heart Institute Japan, **Department of Radiology, Tokyo Women's Medical College
***National Institute of Radiological Science

I. はじめに

肺内血流分布の核医学的評価は最初放射性ガスを用いてなされ、次いで macroaggregated albumin (MAA) に放射性同位元素を標識して得られる肺血流像によって評価され得るようになった¹⁾。最近では Tc 99m-MAA は主に肺梗塞の診断に利用され、肺内血流分布の評価、特に運動、薬剤などによる変化の評価には放射性ガスが好んで用いられている²⁾。

Tc 99m-MAA による肺血流像は注入時の状態を反映し、画像記録は 1~2 時間後でもよい。すなわち動的肺内血流分布を凍結し得るので、これによってさまざまな条件での肺内血流分布評価が可能となる³⁾。著者らは、肺内血流分布評価のために DPI (digital perfusion images) を導入し、この僧帽弁疾患評価における有用性を既に発表した⁴⁾。今回 Tc 99m-MAA の特性を活かし、運動負荷前後の肺内血流分布変化を容易に評価するために、2 回注入法 (two injection method)⁵⁾ と stress-DPI を考案し有意義な結果を得た^{6,7)} で、

* 日本心臓血管研究所

** 東京女子医科大学放射線科

*** 放射線医学総合研究所

受付：55 年 5 月 6 日

最終稿受付：55 年 9 月 16 日

別刷請求先：東京都新宿区河田町 10 (☎ 160)

東京女子医科大学日本心臓血管研究所

田 中 健

本方法の原理、精度、鋭敏度等に関し報告する。

II. 方 法

DPI と従来のアナログ肺血流像の空間解像力、相対的カウント比解像力、処理しやすさに関して検討し、さらに DPI の再現性、変動性を評価するために、放射性同位元素投与量と露出時間の差による変化、特に 1 mCi Tc-99m-MAA 投与、225 秒の像を検討した。

50 症例において、まず 1 mCi-Tc 99m-MAA を静注、225 秒間で像を得、この後に階段昇降の運動負荷を行い、終了直後に 15 mCi Tc 99m-MAA を静注、15 秒間で像を得、データー処理し運動負荷前後の DPI を得た。これを比較し、どれか一面で高肺血流域 (13-15 等カウント域) の 10% 以上の変化をもって、DPI 変化有と評価した。

III. 結 果

空間解像力はアナログ像がすぐれているが、これを用いて黒化度より、相対的カウント比分布の様相を推定するのはいちじるしく困難で、これに対して DPI を利用すると相対的カウント比分布の様相を容易に知り得ることが明らかとなった。アナログ像は全カウント 100~200 万で、適切な像

Key words: Two injection method, stress-DPI (digital perfusion images), positive and negative volume effects

が得られているが、露出時間によってさまざまな黒化度の像となるので、比較に適した一定の像を得るのは、意外に難しいことが明らかとなった。DPIは露出時間が長くなる程統計的変動が減少し、像が安定するが、全カウント20万で診断に十分役立つ像が得られた。

15 mCi 投与して、露出時間を変化させると、時間が短いと統計的変動が目立つが、ある程度以

上の時間となると等カウント域で一段階以上の差は認め難く、全体のパターンとしては安定することが明らかとなった。また 1 mCi 225 秒の像と、15 mCi 投与で得た像との差異は殆ど認め難く、1 mCi—225 秒で十分診断に役立つ像が得られることが明らかとなった (Fig. 1)。

今回行った50症例で、変化が認められたのは40例で、変化が主に右側画像に認められるのが8例

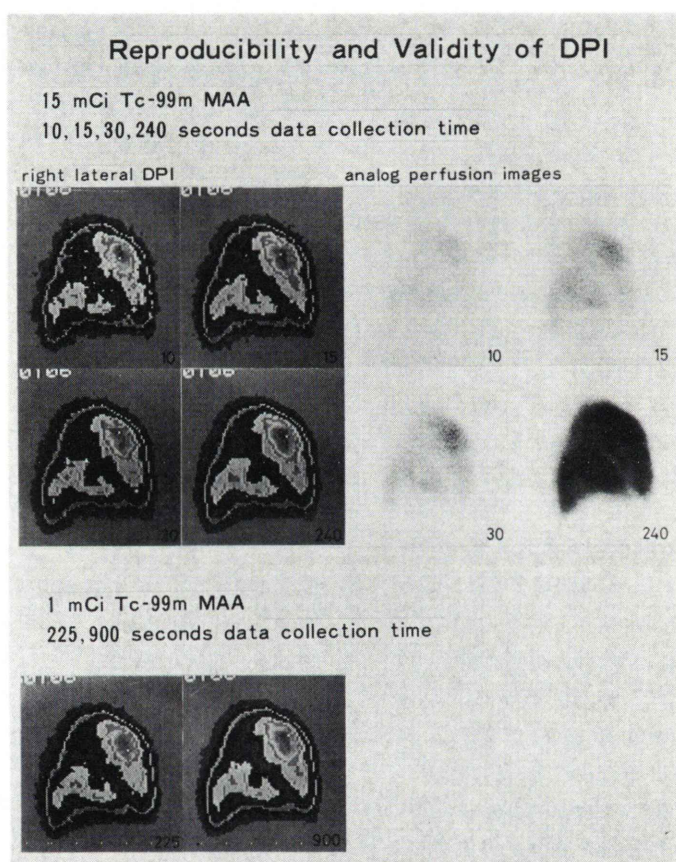


Fig. 1 Note the similarity of each DPI, i.e. patterns of DPI do not so depend on exposure time. It is also noted that by injecting 1 mCi Tc 99m-MAA clinically useful DPI are obtainable and that relative regional count rates are easily estimated by using any DPI.

Note the dependency of analog perfusion images on exposure time. It might be difficult to obtain analog perfusion images with same contrast of photodensity.

It is also noted that by using photodensity with inspection it might be scarcely possible to estimate relative regional count rates.

DPI are more useful than analog perfusion images for estimating relative regional count rates.

(type A), 主に左側面像に 4 例 (type B), 主に両側面像に 22 例 (type C), 全面に 6 例 (type D) であった。前後面で変化が認め難いに拘ず側面像で変化が認められたのは 34 例で、側面像は変化検出に有用なことが明らかとなった (Fig. 2)。

IV 考 案

アナログ像の空間解像力がすぐれているのは周知のことだが、黒化度によってカウント比を推定する時は、これがフィルム面での化学反応によるのでカウントとは対数関係となり、その度キャリ

ブレイションが必要で、しかも黒化度を視覚によって評価するのは困難なため、アナログ像によって相対のカウント比分布を評価するのは極めて難しい。DPI は単位面積についてのカウントを比較、相対値を等カウント域として表示したものであるから、これより容易に相互間のカウント比評価ができ、カラー表示によって、一層容易に相対的分布を評価しうることが明らかとなった。

カウントの平方根に反比例して、DPI の統計的変動が減少するが、今回示したように、全カウント 20 万で診断に十分な DPI が得られることが示

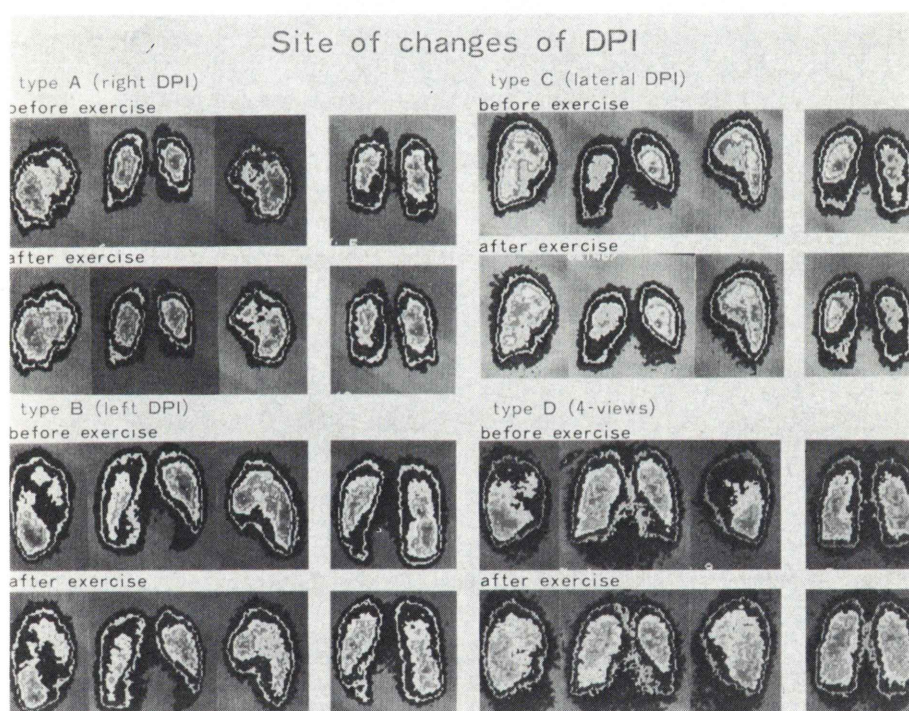


Fig. 2 In type A new hyperperfusion area is noted at upper anterior zone of right lateral DPI after exercise.

In type B hyperperfusion area noted at lower zone of left lateral DPI diminish after exercise and this might imply shift of pulmonary blood flow to upper zone of lungs.

In type C patterns of both lateral DPI changed after exercise, i.e. on right lateral DPI hyperperfusion area noted at lower zone diminished and on left lateral DPI hyperperfusion area appeared at upper anterior zone.

In type A, B and C marked changes of patterns of DPI occurred without accompanying changes of patterns of antero-posterior DPI.

In type D changes of patterns of DPI were noted on all 4-views after exercise.

され、肺内血流分布を評価するには、DPIがより適していること、また1 mCiの投与によっても診断に十分役立つ像が比較的短い時間で得られるこ

とも明らかとなった。

既に投与された放射性同位元素が、次の検査に対してバックグラウンド増大として作用し、精度

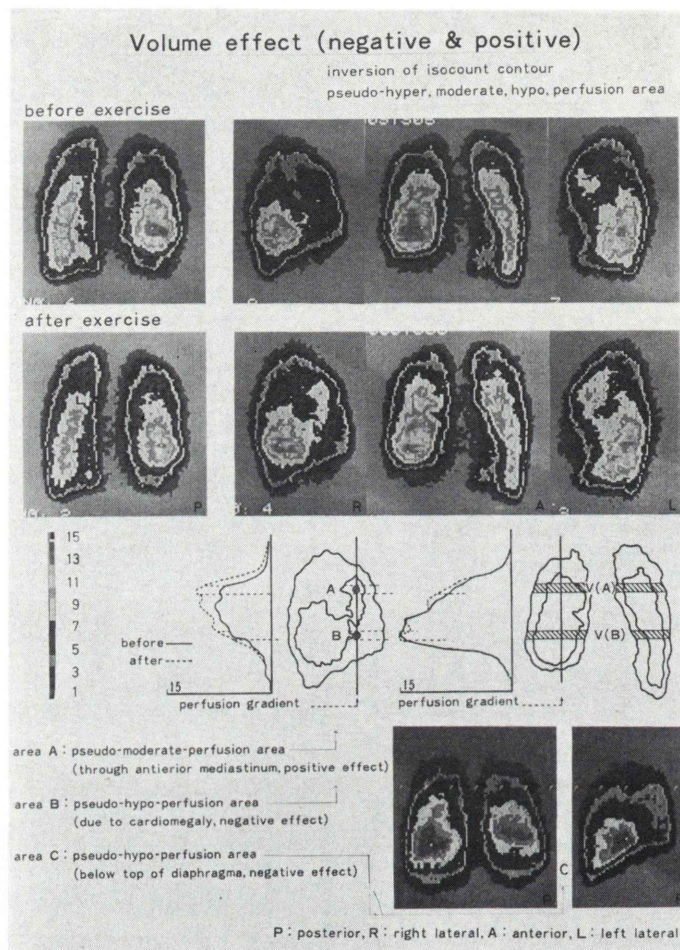


Fig. 3 Volume effects.

Note that complex geometry due to cardiomegaly, mediastinum, etc. acts as both positive and negative volume effects on lateral DPI. In this case volume A (corresponding to area A in lateral DPI) is larger than volume B and further attenuating factor due to cardiomegaly is larger for V(B).

As was shown in perfusion gradient activity per unit volume in V(A) is smaller than that in V(B), however in lateral DPI activity in area A become greater than that in area B due to positive volume effect.

Slight increase of activity in V(A) after exercise might be amplified by volume effects and appear as marked changes of lateral DPI, i.e. moderate perfusion area appear in anterior zone of right lateral DPI.

At lower right corner an example of well known negative volume effect under the top of diaphragm is shown. In normal subjects in spite of high activity per unit volume in this region lower zone of posterior right lung, area C, appear as hypoperfusion area, strictly speaking pseudo-hypoperfusion area.

をいちじるしくそこなので、従来は肺内血流分布の運動などによる変化は、放射性ガスや、サブトラクション法によって評価された。放射性ガスを利用すると連続的な測定も可能だが、さまざまな装置や検査中一定の呼吸停止も必要で、運動負荷の方法も制限をうけ、一般に坐位背面像を利用することが多い。サブトラクションを利用する場合、体位を変化させないことが必要で、2回目の検査は臥位で行うことが多く、またいずれか一面でのみしか2回目の像が得にくく、任意面で変化前後の像を得るのは困難であった。これらのため肺内血流分布変化に関する報告は少ない。

2回注入法によって、負荷前後 DPI が、容易に得られるようになり、同一の肺内血流分布を反映するに拘らず、側面像で著明なパターン変化が生じ易く、DPI 変化の検出には側面像の感度がすぐれているのが明らかとなった。

肺内血流分布は本来三次元的概念で、肺単位体積内の血流量の空間的分布を意味している。Tc-99m は血流と混和し分布されるので、肺単位体積内の放射線量は血流量に比例し、この分布は相対的肺内血流分布を反映する。DPI は三次元的に分布した放射線の二次元投影像のため、部位によって対応する体積が異なり、さらに自己減衰のため単純に積算されていないので DPI より真の三次元分布を推定するには注意を要する。単位体積内の肺血流量が多くとも、肝に影響された右肺後面下部のように対応する体積が少ないと DPI では低肺血流域として、逆に単位体積内の肺血流量が絶対的に多くなくとも、対応する体積が多ければ、DPI では高肺血流域として表示され得る。厳密には DPI ではこれらはそれぞれみかけの高、中、低肺血流域として扱わなければならぬと考えられる。前後像における投影肺体積は、肺底部と肺尖部を除くと殆ど変化しないので、前後 DPI はほぼ肺単位体積についての血流を反映した像となる。しかし側面像は複雑な形態をした縦隔を反映しているため、みかけの肺血流域が容易に生じ、さまざまなパターンを呈し易い。Fig. 3 に示すように投影肺体積の差によって、軽度な肺内血流分布の

変化が増幅され、著明なパターン変化となり得ることが明らかとなった(体積効果)。DPI は三次元像の二次元投影像であるために、体積効果を受け易い側面像にパターン変化が生じやすく、したがって側面 DPI が変化検出にすぐれているのが理

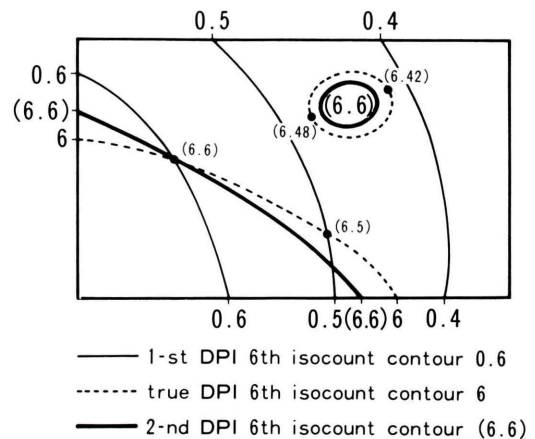


Fig. 4 Effects of previously injected radioisotope on the second DPI (theoretical consideration)
For mathematical simplicity DPI (1 mCi, 10 mCi, 10 isocount contours) are assumed. On the assumption that hyperperfusion area remain at almost same area and that maximum count in 1-st DPI is 1, then width of isocount contour is 0.1 and maximum count in true DPI is 10 and width of isocount contour of true DPI is 1 (true DPI are imaginary DPI without remaining radioisotope). As was shown in Fig. due to remaining radioisotope counts in 2-nd DPI are modified to the value in parenthesis. At the cross point of corresponding isocount contour of 1-st and true DPI, the count is same to that of corresponding isocount contour of 2-nd DPI, i.e. three corresponding isocount contour cross at one point. So enlarged isocount contour appears as smaller one in 2-nd DPI than that is in true DPI and naturally larger than that in 1-st DPI. In case, in which enlarged isocount contour are noted in 2-nd DPI, the existence of enlarged isocount contour is true and vice versa. In case, in which hyperperfusion area shifts to other area, the changes of DPI are easily detected. It is concluded that the changes of isocount contour are detected without error in spite of remaining radioisotope. Quantitatively maximum error about number of isocount contour is 1.

論的にも明らかとなった。

また既に投与されている1 mCiの2回目検査に与える影響はFig. 4で説明するように、各面に対して一定で、変化の有無の検出は誤差なく行われ、等カウント域としての誤差は最大1段階のズレであることが明らかとなった。10~15等カウント域表示の場合、各面での等カウント域の幅が狭いので、この誤差のためにいちじるしいパターン変化は生じ難いと考えられる。

なお従来の大部分の換気、血流比に関する、また喘息発作前後での換気、血流分布変化に関する報告は肺後面像を利用して、時にはアナログ像のみでなされている。また多くの教科書の文献でも肺後面像のみを利用するような印象を受ける。しかし本報告を考慮すると、変化が生じているケースを見のがしている可能性が考えられ、換気に対するデジタル像(DVI digital ventilation images)の側面像を利用する重用性をここに指摘する。

V. 結 論

肺内血流分布評価にはアナログ像よりDPIがすぐれていることを示し、運動などによる変化検出のため2回注入法を考案して、この精度を検討し、変化検出に側面像が鋭敏であることを示し、この説明に、新しい概念正負体積効果の存在を指摘した。

本論文の要旨は1980年6月第27回米国核医学会総会(デトロイト)ポスターセッションで発表を行

った。

本研究は財団法人日本心臓財団の奨励による。

多くの協力を頂いた放射線科核医学部 亀掛川、荒井、日下部、金谷、亀川技師、また日本心臓血圧研究所、消化器センター写真室美山、菅原、鈴木、斉藤、寺井技師の方々に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) Taplin GV, Johnson DE, Dore EK, et al: Suspensions of radioalbumin aggregates for photoscanning the liver, spleen, lung and other organs. *J Nucl Med* 5: 259-275, 1964
- 2) Harris P, Heath D: The human pulmonary circulation, Churchill Livingstone, Edinburgh London and New York 1977, p. 99
- 3) Tow DE, Wagner HN, Lopez-Majano, et al: Validity of measuring regional pulmonary arterial blood flow with macroaggregates of human serum albumin. *Am J Roentgenol* 96: 664-676, 1966
- 4) 田中 健, 広沢弘七郎, 牧 正子, 他: DPI (digital perfusion images) による僧帽弁狭窄症の分類 (DPI-1). *核医学* 17: 325-328, 1980
- 5) Tanaka T, Hirose K, Kusakabe K, et al: Two injection method and reverse two injection method for estimating the redistribution of pulmonary blood flow under exercise. *J Nucl Med* 21: (June) p 21, 1980
- 6) 田中 健, 広沢弘七郎, 牧 正子, 他: 負荷デジタル肺血流像 (stress-DPI) による心機能の評価. *核医学* 17: 401-405, 1980
- 7) 田中 健, 木全心一, 近藤瑞香, 他: ストレスデジタル肺血流像による弁置換後心機能の評価. *胸部外科* 33: 665-671, 1980