

核医学初学者のためのティーチングファイル (CD) の作成 (中間報告)

代表 菅 一能 (山口大学医学部放射線科)

メンバー

森 豊 (東京慈恵医大・放) 本田 憲業 (埼玉医大総合医療センター・放)
佐藤 功 (香川医大・放) 小倉 康晴 (大阪医大・放)
今井 照彦 (奈良医大・腫瘍・放)

平成 13 年度ワーキンググループ“核医学初学者のためのティーチングファイル (CD) の作成”では、CD 作成を進めています。1 症例毎の核医学検査の読影を、3 人の登場人物と一緒に進めて行きます。日常診療の中で行われている風景ですが、初学者が、自然と核医学検査の面白さに興味をいただき、検査原理に理解を深め、読影に必要な視点が効率よく修得できるように工夫しています。画像を網羅し、解説もボタンをクリックすると画面上に現れるようにしています。ここに、内容の一端を呼吸器編から紹介いたします。

登場人物は、ラドン博士：老齡ではあるが年齢不詳、核医学の権威。研修医のウランちゃんは“へえっ”と感動することが多い。なかなか鋭い若手医師、アトム君は要点をついた発言をする。

さっそく最初の症例に！

ウランちゃん：ラドン博士、肺血栓塞栓症疑いの患者さんの肺換気・血流検査が終わりました。座位、後面で Tc-99m 標識人血清アルブミン (MAA) 肺血流・ゼノンガス肺換気シンチを行い、コンピュータで機能分布図も作成済みです (図 1, 2) (解説；図 3, 4：クリック！)。以前、言われたように、肺血流シンチでは多方向からの観察が大事なので、6 方向、撮像しました。余裕があったので SPECT 検査も追加しておきました。判定は？

アトム君：患者さんは、安静時にも呼吸困難があ

り、低酸素血症 ($\text{PaO}_2 = 49.9 \text{ mmHg}$, $\text{PaCO}_2 = 28.8 \text{ mmHg}$) を指摘されています。胸部 X 線写真では、右肺動脈影の拡大があって、肺血栓塞栓症の疑いがもたれます (図 5)。肺野の透過性が亢進しているようで気腫性変化もあるかもしれませんが、ゼノンガス洗い出し検査では、貯留部はありませんでした。

ラドン博士：そうか。肺血流シンチグラフィでは、両側肺野に区域性・亜区域性に分布する血流欠損が多数ある。SPECT 像では、血流欠損域はいずれも楔状で、ストライプサインはないね。

ウランちゃん：何ですか、そのストライプサインって？

アトム君：血流欠損域の辺縁が帯状の血流残存域として描出される特徴のある所見のことだけど、肺気腫で認められることが多いサインなんだ。肺血栓塞栓症との鑑別に重要なサインだよ。重症の肺気腫で肺泡が相当に破壊されても、案外、肺末梢への血流は保たれていることが多いんだ。

ウランちゃん：この患者さんでは、肺気腫の存在は考えにくいということですね。

ラドン博士：そうだな。しかし、機能分布図の一回換気 (V) メージでは、ゼノンガスは少なくとも左下肺野では流入が障害されているな。これは慎重に判断しないといけない。1 回換気量の換気分布指数 (V/V ：肺容量当たりの換気分布)

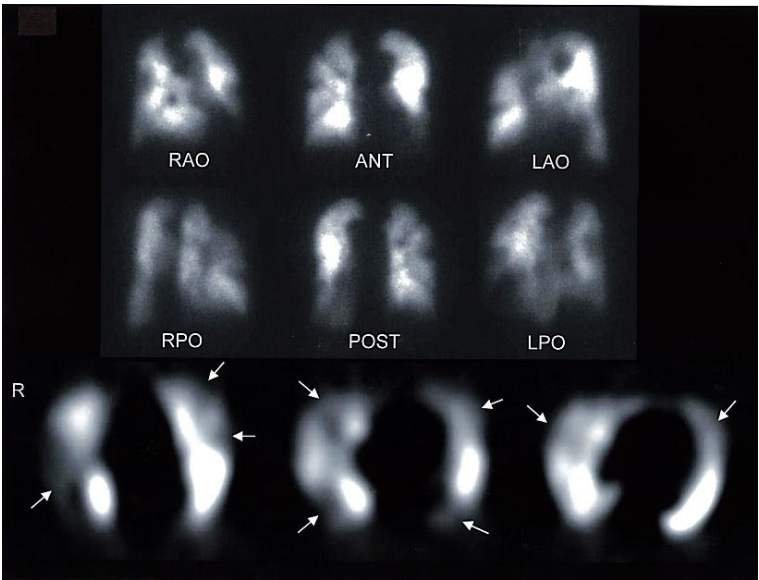


図 1

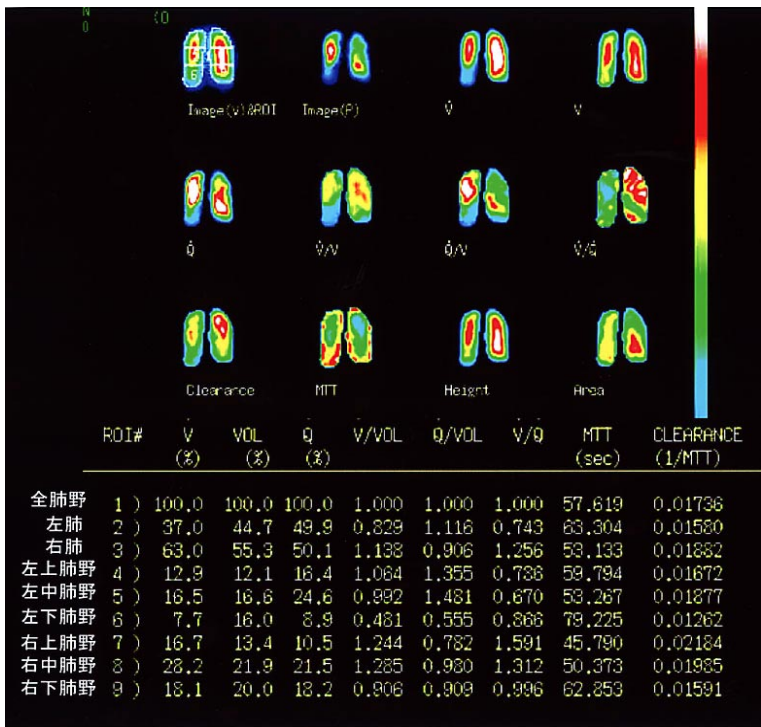
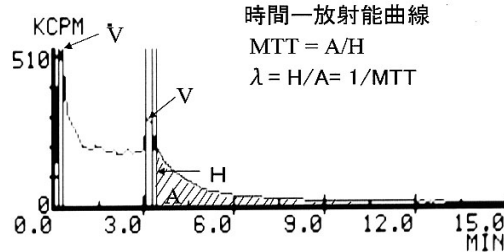


図 2

ゼノンガス肺換気シンチグラフィ検査

図 3



$\dot{V}$ は最初に大きくゼノンガスを吸入することで得られる 1 回換気量の換気分布。
 V は閉鎖回路内でゼノンガスを繰り返し吸入して得られる肺容量分布。
 H は局所の最高計数値。 A は洗い出し曲線下の総計数値。
 ゼノンガス洗い出し曲線から、簡便な height (H) -over- area (A) 法により、
 平均通過時間 [RI が系内の 2 点を通過する時間: $MTT = A/H$ (秒)],
 換気率 (クリアランス): $\lambda = 1/MTT$,
 洗い出し半減時間: $T_{1/2} = 0.693/\lambda$ が算出される。
 正常例ではゼノンガスの平均洗い出し半減時間は 19-22 秒程度である。

健常例における肺機能分布図

Tc-99m MAA perfusion and Xenon-133 gas ventilation study

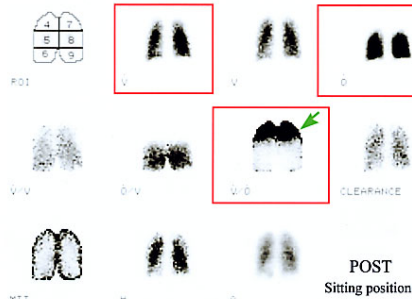


図 4

$\dot{V}$: 一回換気による単位時間当たりのゼノンガス計数、 $\dot{Q}$: 単位時間当たりの MAA 計数、 $\dot{V}/V$: 肺容量当たりの換気分布、 $\dot{Q}/V$: 肺容量当たりの単位時間の血流量。1 回換気量の換気分布指数 ($\dot{V}/V$: 肺容量当たりの換気分布) と血流分布指数 ($\dot{Q}/V$: 肺容量当たりの単位時間の血流量) の比 $\dot{V}/\dot{Q}$ は、肺局所の換気・血流の均衡性を知る重要なパラメータとなる。 $\dot{V}$ および $\dot{V}/V$ は下肺野で大きい。正常肺の下肺野では、残気量位では、肺組織の重力により胸腔内圧は -2.5 cm H₂O と肺上部の -10 cm H₂O に比して高くなりよりつぶれるが、十分に空気を吸入した全肺気量の時には、上肺野よりも大きく膨らむためである。一方、肺血管系は低圧系であり、重力の影響で約 1 cm H₂O/1 cm の圧がかかり、下肺野の方が 3-5 倍血流量は大きくなり、 $\dot{Q}$ 値も大きくなる。肺胞内圧の高い肺尖部付近では、血流量減少は顕著で、 $\dot{V}/\dot{Q}$ 値は 1 より大きい値をとる。この生理的ミスマッチの存在を把握しておくことは、肺血栓塞栓症におけるミスマッチの領域を解釈する上で重要である。

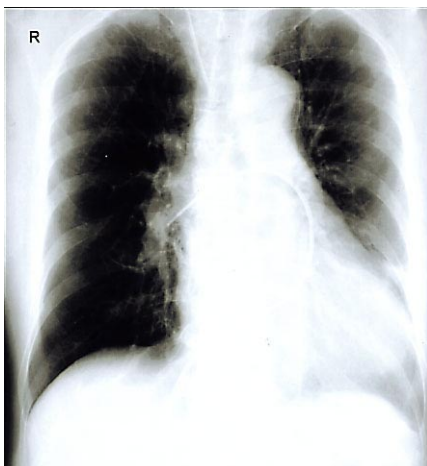


図 5

健常例における肺局所の換気・血流分布

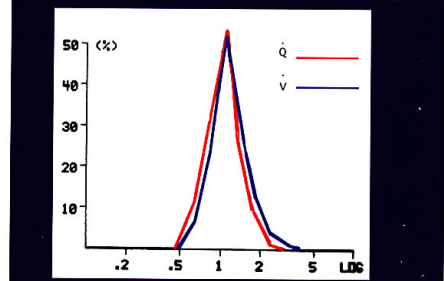


図 6

$\dot{Q}$ は単位時間当たりの MAA 計数、 $\dot{V}$ は一回換気による単位時間当たりのゼノンガス計数。
 1 回換気量の換気分布指数 ($\dot{V}/V$: 肺容量当たりの換気分布) と血流分布指数 ($\dot{Q}/V$: 肺容量当たりの単位時間の血流量) は、健康肺では、図のように 1 に近い値に分布し、 $\dot{V}/\dot{Q}$ 比も 1 に近い値に集中して分布する。これに対し、肺血栓塞栓症では、換気分布指数と血流分布指数との間に乖離がおき、 $\dot{V}/\dot{Q}$ 比も 1 から離れた値を示すようになる。

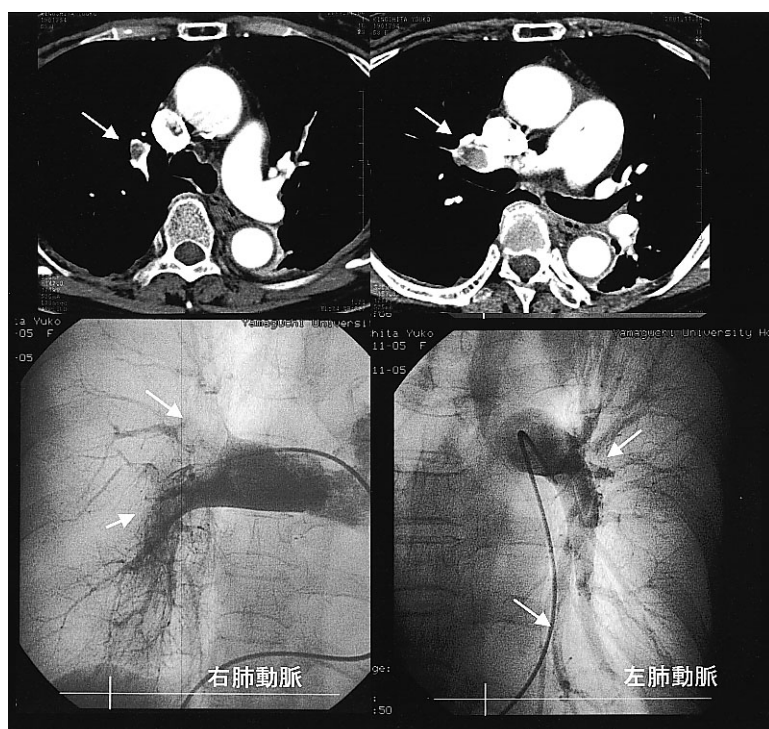


図 7

と血流分布指数 (Q/V : 肺容量当たりの単位時間の血流量) の比 V/Q の分布イメージでは, 右上肺野と右下肺野で, 1 より増大した V/Q 比領域が認められている. この状況からみると, 肺血栓塞栓症の可能性は高い.

ウランちゃん: 何ですか, その V/Q 比って?

アトム君: 単位時間当たりの換気と血流の放射能の比率を 1 ピクセル毎に計算したものだ. 正常だと, 大部分の肺で 1 に近くなるんだけど, 塞栓領域のように血流だけやられて気道に障害がないときには, 1 より随分高い値をとるようになる (解説; 図 6: クリック!).

ラドン博士: ふむ. 血流欠損部以外の肺でも V/Q 比分布は不均等で, 1 より低下した領域もある. それに, 左上肺野では, 座位では生理的に認められるはずの高 V/Q 比領域が消失している.

アトム君: うーん, さすが博士は鋭い. 座位で行

うと, 肺尖部には生理的に高 V/Q 比がみられますよね. 低圧系の肺動脈は重力の影響を受けやすく, 下肺野で血管は拡張しやすいし, 肺尖部と肺底部では胸腔内圧に 30 cmH₂O の圧較差があって, 肺尖部は下肺野に比較して肺胞はより膨らむので, 肺胞レベルの肺動脈血管が圧迫されやすく血流が減るんだ.

ウランちゃん: なるほど. それが消失してるってことは, 左肺の一見, 血流障害がないようにみえる所でも, 血流変化が起きてるってことですね.

ラドン博士: そうだよ. 正常だと, アトム君の言ったように, 上肺野を除くと, 換気と血流の比 (V/Q) は, 1 に近い値をとって, 均衡がとれていなくてはならんのだ. ガス交換が一番効率よくできるからね. ところが, 塞栓で血流だけが障害されると 1 より大きい値をとるようになる. これを死腔効果と呼ぶんじゃない. それに, 塞

栓領域だけではなくて、塞栓のない肺でも、通常より多くの肺動脈血流が流れてきて、均衡がとれなくなってくる。そうした領域では、換気と血流の比 (V/Q) は 1 より低くなる。肺血栓塞栓では、このような換気・血流の不均衡が低酸素血症の原因となるんじゃない (解説；図 6：クリック！)。

アトム君：その状況をきちんと把握することは重要なんだ。そのために、今回のような、換気・血流シンチグラフィを組み合わせで行なうんだ。

ウランちゃん：へえっー、納得。

ラドン博士：それに、肺塞栓症も、健全な肺を持った人にだけ起こるわけではないからね。肺血流シンチグラフィだけでは、気管支喘息とみわけがつかないこともある。ゼノンガス検査は、閉塞性肺疾患による air trapping を鋭敏に検出できるから、閉塞性肺疾患に合併して起きた肺血栓塞栓症の診断にも役立つんじゃないよ。それを知らないでいると、肺気腫を合併した患者さんで、治療後、塞栓部の血流の改善にもかかわらず、経過観察で気腫部の血流欠損が残存するため、必要以上に抗凝固治療が続けられる場合があるんじゃない。

——— 途中省略

数日後 ———

アトム君：博士。この間の患者さん、あれから、スパイラル CT 装置で造影 CT が行われ、右肺動脈本幹分岐に大きな血栓がみつかったそうです (図 7)。だけど、左肺動脈内には、はっきりした血栓はなかったそうです。でも、肺動脈造

影では、右肺動脈の上中下分岐にまたがる巨大血栓のほかに、左肺動脈末梢にも小血栓が認められたそうです。すぐに血栓粉碎術や血栓溶解療法が行われ、今では動脈血ガスも改善し元気になられたそうです。

ラドン博士：それはよかった。

ウランちゃん：スパイラル造影 CT でも、小さい血栓はみつけれられないこともあるんですね。

アトム君：CT 検査は、肺動脈区域枝までの血栓の検出には優れるけれど、呼吸困難時には、息止め不良によるアーチファクトや肺動脈周囲軟部組織による partial volume effect で血流欠損の有無の判断に迷うことも少なからずあるようだ。

ラドン博士：末梢肺動脈のみに血栓がたくさんあって呼吸困難が起きている例もあるし、肺血流シンチグラフィで肺動脈血流障害をよくみておくことは大事だ。今回のように、できれば早期に、肺換気・血流シンチの組み合わせ検査をして、局所の肺機能をよくみておくことは重要なんじゃない。血栓溶解療法の治療効果をみて行くのにもいいからね。国内では今のところ肺血栓塞栓症の頻度が欧米に比べて少ないためか、核医学検査、特に換気検査の重要性の認識が十分でないような気がするが……。

以上のような形式で、ワーキンググループメンバーにより、脳、心臓、腫瘍、内分泌、消化器、末梢循環など各分野から、見ごたえのあるティーチングファイル作成を目指しています。ご期待ください。