

契機に発見された結核症例および非結核性抗酸菌症を報告し、その特徴を検討する。

【対象】

1998 年 4 月 1 日から 2003 年 3 月 31 日まで年間で胸部 CT 検診を受診した、延べ 32747 件(男性 26325 件、女性 6422 件)を対象とする。なお、検診受診実人数は 11405 名(男性 9268 名、女性 2137 名)である。

【方法】

撮影条件は管電圧 120kV, 管電流 50mA, スライス厚 10mm, テーブル移動速度 2cm/s (2000 年度より経年受診者には管電流 25mA で撮影) である。2 台の白黒 CRT モニタ上に、過去画像と今回画像の 10mm 再構成画像を 1mm 補間シネモードで表示し、比較をしながら読影を行なう。なお、2004 年現在では、2 台の CRT モニタを使う方法から液晶ディスプレイ画面上に前回画像と今回画像を並列に並べて表示する方法に改善されており、従来の方法よりも比較読影しやすくなっている。原則として 2 人の読影医が個別に読影を

行い、いずれかの読影医が有意所見と判断した病変について、週 1 回の判定会議にかけ合議性で放置可・要精検・要医療の判定を行なう。要精検と判定された肺野孤立性結節については、1 ヶ月後に自施設での HRCT 撮影を行い、再度合議の上、医療機関への紹介や自施設での観察等と決定した。

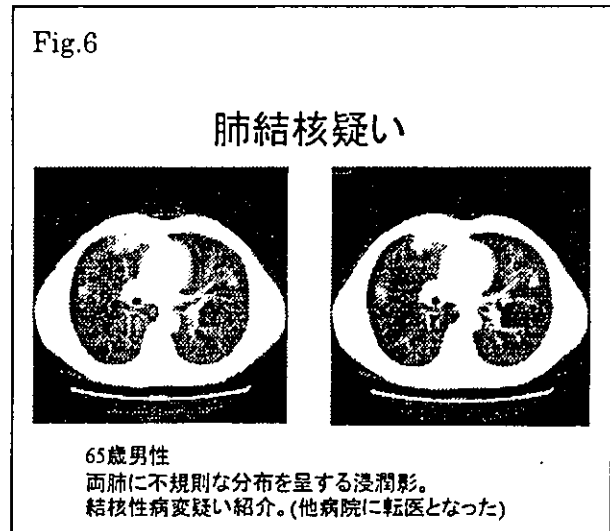
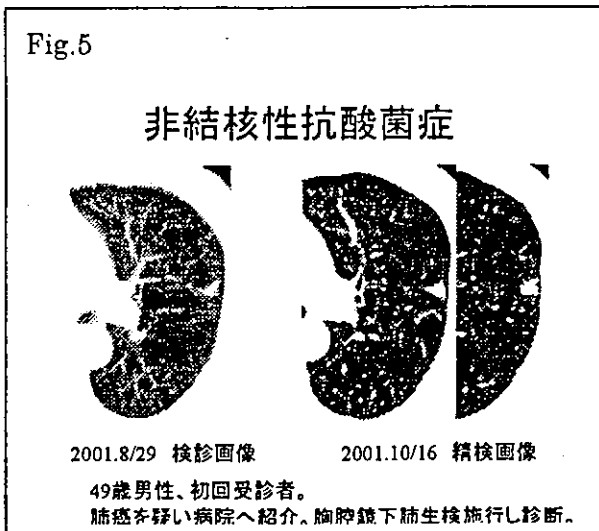
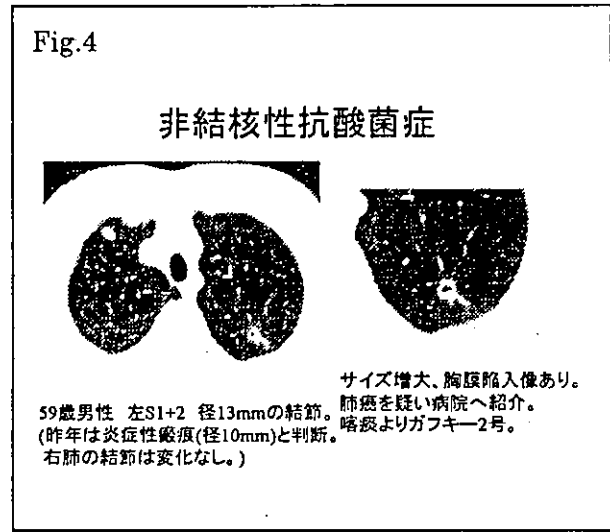
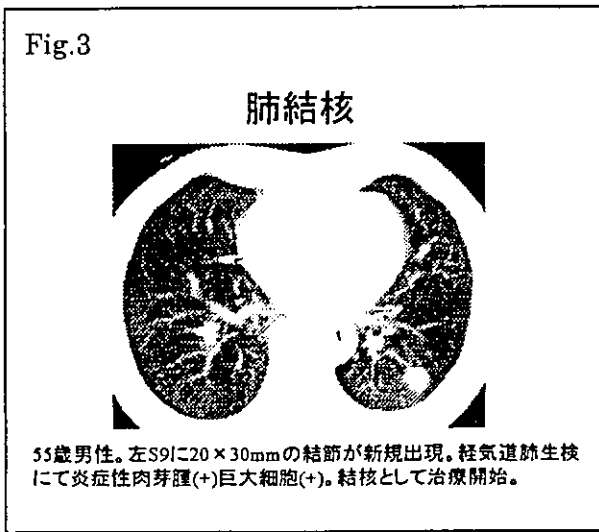
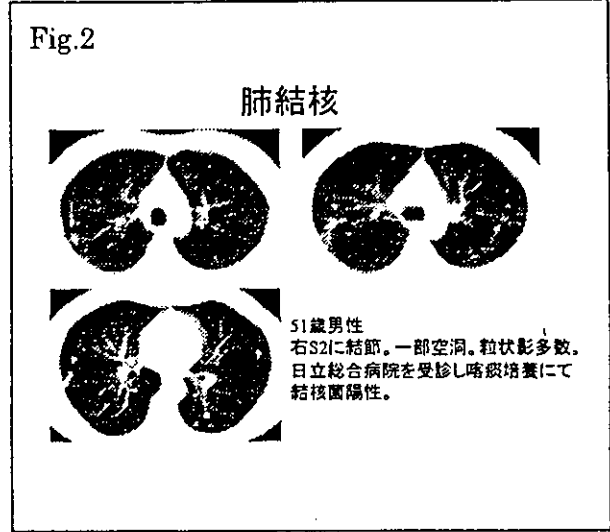
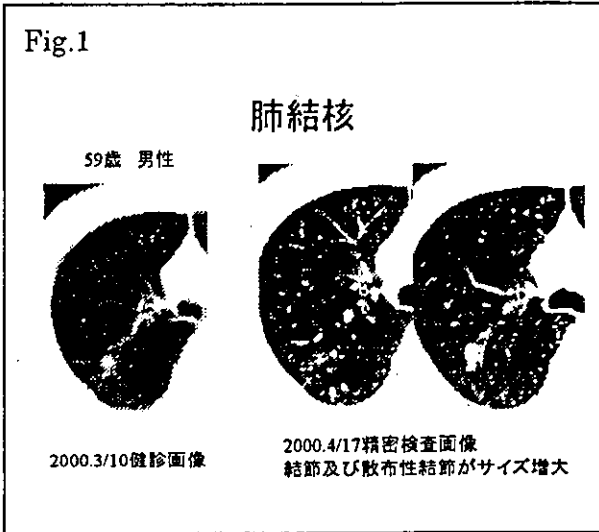
【結果】

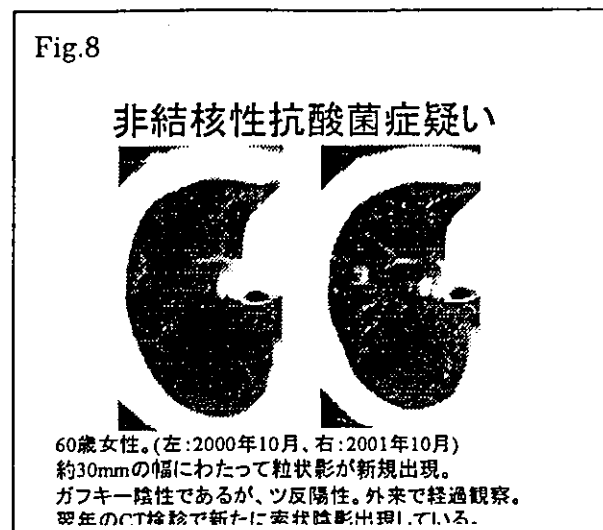
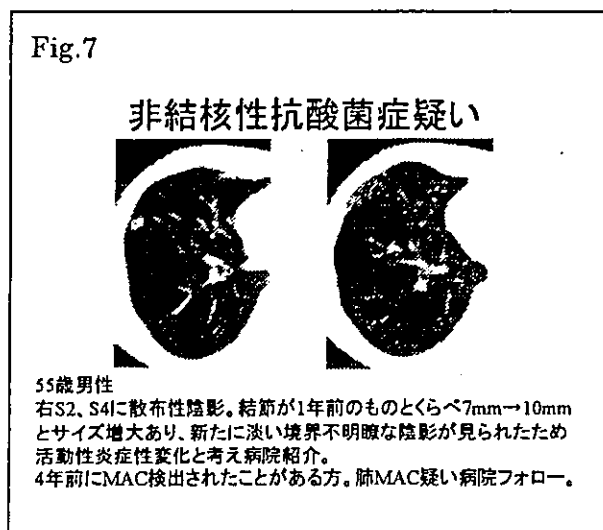
延べ 32747 件の胸部 CT 受診件数のうち初回受診に当たるのが 11405 件、経年受診に当たるのが 21342 件である。診断の確定した肺結核症例は 3 例(培養で診断確定したもの 2 例、病理組織検査から診断確定したもの 1 例)で非結核性抗酸菌症は 2 例であった。また画像上肺結核を強く疑い、長期療養病棟を持つ病院に転医となったのが 1 例、画像上非結核性抗酸菌症を強く疑うものが 2 例あった。(Table1、Fig. 1~8)

Table 1

当センタにおける胸部 CT 検診を契機に発見された肺結核症および非結核性抗酸菌症

・培養の結果、肺結核と診断されたもの	2 例	Fig.1-2
・病理組織検査の結果、肺結核と診断されたもの	1 例	Fig.3
・非結核性抗酸菌症と診断されたもの	2 例	Fig.4-5
・画像上で強く肺結核を疑い長期療養病棟を持つ病院に転移となったもの	1 例	Fig.6
・画像および病歴から非結核性抗酸菌症を強く疑うもの	2 例	Fig.7-8





【考察】

肺結核症は大きく初期感染症と成人二次感染症に大別される。近年の罹患率の減少とともに成人でも初期感染症が増加している点で1)、各種健診の画像読影にあたり、常に鑑別診断のひとつとして意識しておかなければならない。

通常二次感染症の肺結核症は気道性散布が病変の主体となる。よって代表的な肺結核症の胸部CT画像は、空洞性病巣を呈する主病巣を中心に気管支内腔に沿った病変が区域性に広がったものとなる。通常気管支肺炎との鑑別では、病変が肺結核症の後発部位であること、病変が肉芽や壊死物質で成り立っているため、周囲肺との境界が明瞭であることがあげられる。これらの変化はHRCTでより明瞭となる。もっともよく観察されるHRCT所見としてはtree-in-budと呼ばれる太くなった分枝様構造、5~8mmの結節、小葉性浸潤影等が組み合わさったものであろう1)。実際に当センタでも散布巣・浸潤影を伴った空洞性病変主体の肺結核症例をみており、通常検診画像で病変の存在を指摘し、さらにHRCTを追加撮影す

ることは結核病巣の指摘に有用であると言える。

また結果で述べたように、診断が確定した非結核性抗酸菌症(以下NTM)が2例、疑いを含めれば4例胸部CT検診で指摘されている。NTMによる肺感染症は近年増加傾向にあり、今後遭遇する機会も増えると思われる。肺結核症同様まずは鑑別診断のひとつとして考え、慎重に経過観察を続けることが重要である2)。NTMの肺病変の中では、年単位で緩徐に進行するという肺結核症とは異なる病像を呈すことがある。したがって結節の増大を画像上に見ることも多い。当センタで指摘したNTMは2例とも孤立性結節の胸部CT画像を呈し、肺癌疑いで病院に紹介したが、そのうち1例は結節の増大を認め(1年間で径10mm→13mm)、肺癌を疑うことになった。

肺結核類似の画像所見があれば肺結核を疑い、緩徐に増大する結節があれば肺癌を疑うことは当然である。したがって、どちらかの画像的特長と呈しているNTMの場合、NTMを第一に疑うことは難しい。しかし、鑑別診断のひとつとして、常に

考えておく必要のある疾患であることは間違いなさそうである。

結節陰影の周囲に散布巣があれば鑑別に役立つが、これらの特徴的所見に乏しい場合は胸部 CT 検診の画像だけでは結核およびNTMと肺癌との鑑別は困難である。このような症例には造影CTが鑑別に有効なことがあるとされている3)。結核腫は、均一に造影される傾向にある悪性腫瘍とは異なり、中心部の乾酪壊死巣を反映して造影効果が辺縁のみに留まることが多いからである。ただし、それでも診断が困難なことも多いようで、我々が経験したNTM症例では胸腔鏡下肺生検が施行され、そこで診断が確定していた。

肺結核と肺癌の合併やNTMと肺癌の合併の報告も出されている。単なる共存説もあるが、結核病変による慢性刺激、局所浄化作用の低下が肺癌発生の因子になる可能性が示唆されている4)。これらのことを考えても、胸部CT検診で適切に肺結核やNTMを指摘することが重要であろう。

近年の結核は60歳以上の内因性再燃が主流をなしていると言われていたが、一方若年層の罹患率の低下も鈍い5)。今後、発病初期の無症状の結核を検診で的確に指摘することはより一層重要になってくることであろう。

文献

- [1]肺結核症：小林健、上村良一、高島力
画像診断 1998. 08;18:831-836
- [2]非結核性抗酸菌症の画像診断：氏田万寿夫、三角茂樹、多田信平、福田国彦
画像診断 2000. 09;20: 990-999
- [3]CT、MRI—多発性結節：安原美文、松田健、清水健治、池添順平
画像診断 1999. 02;19:144-150
- [4]肺 M. avium 症に腺癌を合併した1例：
小林賀奈子、矢野修一、加藤和宏、矢島浩樹、斎藤慎爾、渡部仁成、福田幹久
日本呼吸器学会雑誌第41巻第3号、
2003:177-180
- [5]最近の肺結核症の動向：徳田均
画像診断 2000. 09;20:954-956

胸部 CT 検診の実施状況と課題 - 画像読影の pitfall -

草野 涼*1 中川 徹*1 山本 修一郎*1

*1 (株)日立製作所 日立健康管理センタ

和文要旨

我々が5年間で経験した胸部CT検診の中で、pitfall となりやすい類似した所見を呈するがん症例と非がん症例を提示し特徴を述べる。●がん症例；5年間で検診者数11,405人(のべ検診件数32,747人)から71人の肺がんが発見された。初回受診は女性の発見率が高く、逐年受診は男性喫煙者で高かった。代表例を提示する。●非がん症例；癌を疑い医療機関紹介となったうち、16症例が手術や組織診断で非がんと確定し(器質化肺炎3症例、非定型抗酸菌症2症例、炎症性偽腫瘍1症例、硬化性血管腫1症例、腺腫様過形成1症例、その他8症例)、20症例が臨床的に非がんとされ(1年後の胸部CT検診で著変なしを含む)、3症例は転帰不明であった。代表例を提示する。また検診では効率よく業務を行うことが重要である。撮影・読影・事後措置での留意点についても述べる。

キーワード： 胸部 CT 検診、pitfall、データ管理

J Thorac CT Screen 2004;11:200-208

【はじめに】

胸部 CT 検診を行ってゆく上での課題は、未だ多く存在する。画像診断に関しては、「正常人にも見られる異常所見とは何か?」、「判断が難しい画像所見にどのようなものがあるか?」などが考えられる。[1] 対象の選定に関しては「ハイリスク者はどのような集団か?」、「最適な検査間隔はどの程度なのか?」、「診断基準をどうするのか?」、「データ管理を効率よく行うにはどのようにするのか?」などが問題になり、コストや被曝・精密検査による侵襲などに伴う「risk と

benefit のバランスをどう考えるか?」、また近年のコンピュータの高速化や大量に発生する画像情報の管理に関して「MDCT や PACS、CAD など新しい技術をどのように活用するか?」など大変多くの問題が挙げられる。

本稿では、胸部 CT 検診画像所見での pitfall となりやすい“類似した所見を呈するがん症例と非がん症例”を以下 (table 1) のようにまとめた。

Table 1

正常範囲内の所見か異常(肺がん疑い)なのか問題になる、類似した画像所見

正常人に見られる所見	判断が難しい肺がん
微小な良性結節	10mm 以下の肺がん
増大・新規出現する炎症	増大・新規出現する肺がん
アーチファクト	淡い濃度の肺がん
炎症癒痕	炎症に似た肺がん
間質性変化・重力効果	間質性変化に生じる肺がん

*1(株)日立製作所 日立健康管理センタ
 (〒317-0076 茨城県日立市会瀬町4-3-16)
 E-mail: suzushi.kusano@ibabyo.hitachi.co.jp

これらにスポットを当て、我々が5年間で経験したこれらの症例の提示を行い、それぞれを対比しながら眺めてゆく。また、撮影・読影・事後措置の場面での留意点についても述べる。

【画像提示】

微小な良性結節と10mm以下の肺がん[2]

前者には炎症性肉芽腫や肺内リンパ装置などが挙げられる。症例1[fig.1 a, b]は、炎症性肉芽腫と考えられた症例である。胸膜直下に存在する微小結節で、類円形を呈することが多い。じん肺患者や喫煙者の男性には時に多発するが、経時変化が無い。[3]

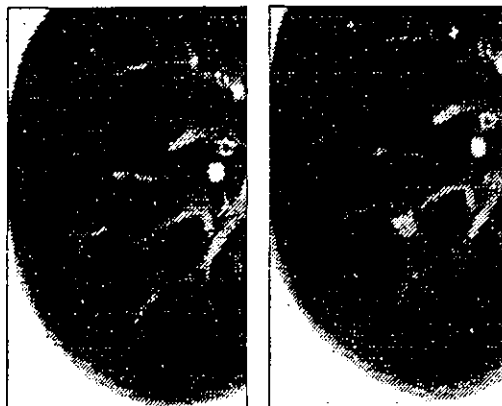
一方10mm以下の肺がんではやや胸膜から距離をおいて存在する場合や胸膜に近い部位では胸膜陥入像を呈する場合がある。10mm以下の微小な肺がんの場合、HRCTを用いても形態的特徴を判断することは困難なことがあるが、症例2[fig.2 a-c]のように発見当初は5mm前後のsolid noduleだったものが次年度に数mm単位の増大を呈する症例がある。このような事例は高齢の喫煙者に多い傾向があり、過去の胸部CT検診で同部に粒状影が存在しないかを検討することや、リスクを考慮して短い期間(1ヶ月~3ヶ月)のHRCTでの経過観察を行い増大の有無を判断したりすることが必要と考えられる。

Fig.1 炎症性肉芽腫



a (検診画像), b (精検画像 右下)

Fig.2 中分化腺がん



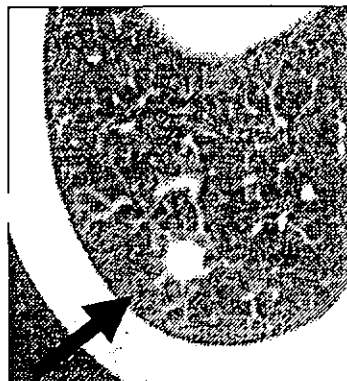
a ('99年検診画像) b ('00年検診画像)

増大・新規出現する炎症と肺がん

良性結節の中にも、新規出現したり増大したりする症例は存在する。症例3[fig.3]は炎症性偽腫瘍の症例である。1年の経過で新規に出現した充実性結節であった。喫煙などの危険因子に乏しく、前年度にもものになるような粒状影すら存在せずあまりにも急激過ぎる経過を呈したり、転移性肺がんを示唆させる他部位のがんが否定的だったりする場合には、炎症性結節の可能性を考慮することが必要である。なお、炎症性偽腫瘍では、血液検査での炎症反応は乏しいことが多く、自覚症状も通常見られないが時に咯血の原因となることもある。[4]

検診の場での取り扱いとしては、医療機関に紹介の際に、炎症性の可能性を述べ抗生剤などの投薬管理しつつ経過観察をしてもらえるように依頼するのが現実的な対応と考えられる。

Fig.3 炎症性偽腫瘍



また、症例 4 [fig. 4 a, b] は硬化性血管腫の症例である。胸部単純 X 線写真では指摘困難な心陰影に隠れる部分に存在した充実性結節を呈していた。当初良性と判断し、経過観察を行っていたが、短期間に増大したため活動性のある病変として医療機関に紹介され手術が施行された。女性に多く、画像的な特徴としては、硝子化した厚い被殻と充実成分の間に crescent と称される三日月状の間隙が存在することがある。本症例の増大の原因は腫瘍内出血であった。

Fig.4 硬化性血管腫



a:02/3/1



b:02/6/5

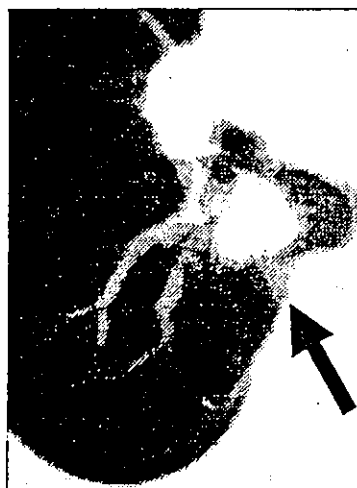
一方、急速に増大する肺癌では分化度の低い腺がんや小細胞がんなどがある。症例 5 [fig. 5 a, b] は 1 年の経過で急速に増大した中

分化腺がんの症例である。Retrospective に見ると初回検査時に、肺野中枢側に径 8mm の充実性結節が確認される。当時は血管の横断面として判断されて所見にとられていなかった。翌年の胸部 CT 検診受診時に、同部に径 20 mm を超える充実性結節が見られ、肺癌疑いとして医療機関紹介となった。自件例では 1cm を超える肺癌が前年度に粒状影すら呈さないことはなく、前年度画像を慎重に再読影することが寛容である。しかし小細胞がんでは、1 年の経過で突然出現することはしばしば経験される。いずれにせよ、このような急速に増大する充実性の肺癌の多くが高齢の喫煙男性に見られることは着目して診断を進めてゆかねばならない。

Fig.5 中分化腺がん



a:98 年検診画像



b:99 年検診画像

アーチファクトと淡い濃度の肺がん

胸部 CT 検診は健康人に対する screening 検査であるために、被曝の低減と画像データ量を押さえる工夫が必要である。そのため管電流を落として撮影するためにノイズが多く見られたり、再構成間隔を広く取ったりするために partial volume effect が生じやすく artifact を生じてしまう。症例 6 [fig.6] は artifact の事例であるが、血管に挟まれた部分に淡い濃度上昇域が疑われるが、血管に接しない部分では境界がはっきりせず上下のスライスには存在しなかった。このように血管に挟まれる部分や分岐部などには、artifact が生じやすく、血管に囲まれているためにあたかも境界明瞭な結節が存在するようにみえてしまう錯視効果も関係していると考えられる。

Fig.6 Artifact

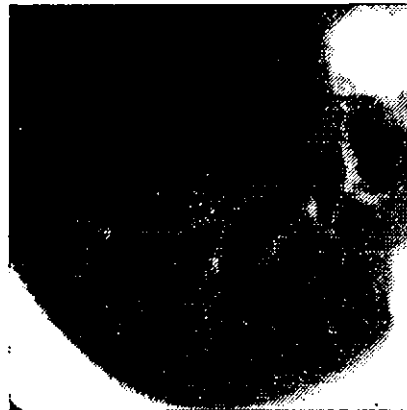


一方、症例 7 [fig.7 a-c] は淡い濃度を呈する肺がんの症例である。比較的境界のはっきりした淡い濃度の結節である。やや expanding な成長を遂げているような印象がある。経時的には、全体のサイズは大きく変化しないが、内部に充実成分が出現してきた。当症例は高分化腺がんであった。

Part solid nodule は肺がんの可能性が高いとされるが、10 mm 以下の pure GGA (Ground

glass attenuation) を呈するものには AAH (Atypical adenomatous hyperplasia) など良性のものや高分化腺がんでも野口分類の Type A と称される侵襲度の低い肺がんであることが多いとされる。対応としては、初回受診時の screening 検査で疑わしい陰影を検出し、確実に HRCT を実施して存在診断と画像の特徴を把握することである。

Fig.7 高分化腺がん



a: '99/6/4 検診画像



b: '99/10/29 精検画像

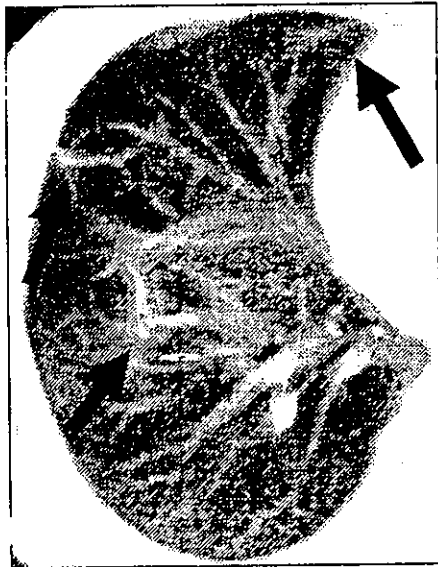


c: '03/1/6 精検画像

炎症性瘢痕と炎症に似た肺がん

不整形を呈する陰影は、よく良悪性の鑑別が難しいことがある。しかし肺尖部や中葉舌区や葉間などは元来このような変化を生じやすい部位の一つであり、好発部位などを考慮することは鑑別の糸口になる。また、検査に先立って感冒様症状を自覚している症例もあり、問診情報も重要である。症例 8 [fig.8] は炎症性瘢痕の症例である。一般的には volume に乏しい直線的な形状であったり、内に凸な辺縁を呈したりするものでは、炎症性瘢痕の可能性が高い。しばしば周囲に同様の所見が散在することがある。

Fig.8 炎症性癒痕



一方、solid nodule が、炎症性癒痕と非常に紛らわしいことがある。症例 9 [fig.9 a-c] は中分化腺がんの症例である。初回受診時に索状結節を指摘されたが炎症性病変を疑われ放置可とされ、その後の検診画像で縮小したように見えたためやはり炎症性癒痕と判断された。しかし、翌年の検診で充実成分の増大が認められ、肺がん疑いとして医療機関に紹介され、手術施行され中分化腺がんの確定診断が得られた。1 度縮小した様に見えた原因は定かではないが、可能性としては X 線ビームが腫瘍の中心部分に合わなかったために partial volume effect の影響を受け縮小したように見えたものか、あるいは腫瘍に生じた二次性の炎症性変化が実際に消退したために小さく写ったのかなどが考えられる。Part solid nodule の形状を呈するものはがんの可能性が高いことを先に述べたが、こういった場合でも重要な情報は喫煙歴である。現喫煙者の場合では、更にごんの可能性が高まるため積極的な精密検査を考慮すべきである。

Fig.9 中分化腺がん



a: '98/9/1 検診画像



b: '00/1/15 検診画像



c: '01/9/10 検診画像

間質性変化・荷重効果とそこに生じるがん
 症例 10 [fig.10] は荷重効果による、濃度上昇である。仰臥位での撮影では、下肺野背側に重力効果に伴う非特異的な濃度上昇が生じることがある。伏臥位撮影で消失すること

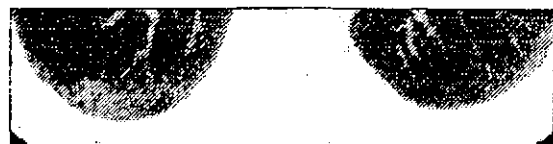
により重力効果と確認されるが通常不要であり、胸膜に沿った境界のぼやけた帯状のほぼ均一の濃度上昇で内部に線維構造が認められないようなものはほとんどこういった非特異的な所見と考えられる。[5]

Fig.10 荷重効果による濃度上昇



一方、繊維性の網目構造が見られる場合は間質性肺炎の疑いがあり、内部の濃度にムラがあるような場合には腫瘍性病変の除外診断が必要となり、注意せねばならない。症例症例 11[fig.12 a-d]は、下肺野背側の間質性肺炎に生じた中分化腺がんと MALT Lymphoma (MALToma)の症例である。間質性肺炎は高率に肺がんを発生し、注意深い観察を必要とする。

Fig.12 中分化腺がんと MALToma



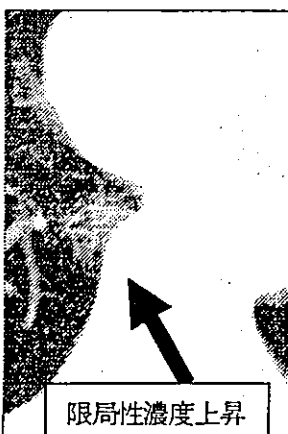
a:98/8/5 検診画像



b:01/6/19 検診画像

また、症例 11[fig.11 a, b]のように椎体右縁に限局性の淡い濃度上昇が見られることがしばしばあり、腫瘍性病変と紛らわしいことがあるが、縦隔条件や骨条件の Window 設定で観察すると、椎体に生じた骨棘が二次的に肺野を圧排し生じた陰影であることが認められる。[6]

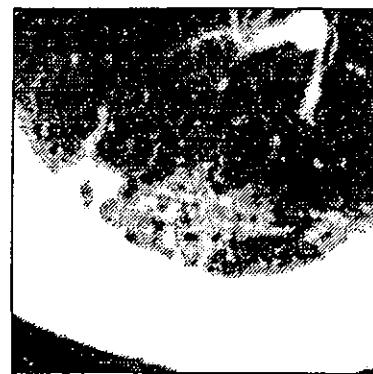
Fig.11 骨棘に関連した限局性濃度上昇



a:肺野条件



b:縦隔条件



c:02/1/21 精検画像右下葉の中分化腺がん



d:02/7/22 精検画像左下葉の MALToma
【撮影・読影・事後措置での留意点】

胸部 CT 検診を行うためには、機器の選定や撮影条件、読影方法、診断基準、事後措置、広報、事務手続き、会計などの多く部分で考慮すべき点がある。ここでは撮影・読影・事後措置など運用に関係するような項目[Table 2]についての留意点を簡単に述べる。

Table 2 胸部 CT 検診の運用上の留意点

項目	留意点
機器	対象に応じた機器選定
	<i>Single or Multidetector row</i>
撮影	効果的な追加撮影
	習熟した診療放射線技師
観察	上下関係に留意し限なく観察
	<i>Cine</i> や <i>Paging</i>
読影	先入観なく画像所見を判断
	既知の知見を元に忠実に読影
照合	臨床情報や検査所見と照合
	危険因子や疫学データ
追跡	経時変化を観察
	再検査や次年度検診の勧奨
紹介	連携の取れた医療機関に紹介
	胸部 CT 検診に習熟した医師
解析	集計・統計データを出す
	データベース管理

機器の選定

近年は MDCT (multidetector-row CT) が胸部 CT 検診の場にも用いられるようになり、検診時の撮影でこれまでの精密検査に近いような画像を得ることが可能になってきた。しかし、MDCT は未だ高価であるために機器の新規購入や更新の際に MDCT を導入するだけのメリットがあるか否かを十分に判断して導入の是非を考えなくてはならない。

- ・どのような特性 (潜在的にどの程度の肺がんが存在していると推定されているのかなど) をもった、何人の集団 (全体で何人、1 日あたり何人か) に胸部 CT 検診を計画しているのか?
- ・管球の耐久性やその他の検査の流れなどを考慮した上でのスルーットは、どの程度なのか?

- ・その中でどれだけの効果; その優れた画像により発見率の向上や不要な精検の低減がなされるのか? 個人や集団に対してどの程度の被曝低減が期待されるのか?

- ・膨大なデータを管理するために PACS の導入も考慮する必要があるが、それによる読影効率の向上、また過去画像との比較が容易になることやフィルムレスになることのメリットがどの程度期待できるのか? 等を十分吟味する必要がある。

特に当施設のようにこれまで数年に渡りシングルスライスの胸部 CT 検診を実施している場合には、検査対象者に一通りの screening が施行されており、新規に胸部 CT 検診を受診する人数が見込まれないことや、シングルスライス CT で発見できなかったようなきわめて微小な結節を診断することが可能なのか、といった問題がある。

MDCT はきわめて精密な画像を短時間かつ低被曝で行うことができる。また、三次元表示などの新たな手法により新たな画像診断の可能性や、肺がん以外の冠動脈の石灰化や肺気腫などの診断にも素晴らしい効果を期待できる。現在でも多くの施設が MDCT を導入し様々な報告がなされているが、今後更に多くの知見の蓄積により胸部 CT 検診における MDCT の有効性が明らかになってゆくものと思われる。

追加撮影の重要性

当センタにおいては、シングルスライスの低線量らせん CT を行っており、病院で行われるような CT 検査の画像に比して画質は劣ってしまうことは否めない。存在診断は出来ても質的診断に迫れないため、後日改めて HRCT の再検査が必要になり、受診者さまへの心理的・経済的・時間的負担を強いることになる。この問題を解決するために重要なのは、撮影する診療放射線技師の追加撮影である。撮影時点で何かしら存在が疑われた場合にその場で HRCT を追加することで、問題の陰影が artifact なのか真の結節なのか、がんの特徴を有する結節なのかといった MDCT にも劣らない画像診断が可能となる。

そのためには、胸部 CT 検診に習熟した診療放射線技師を育成する修練プログラムが必要になってくるであろう。当センタにおいては、毎週1回 精密検査の症例や検診での興味深い症例についての検討会を行っている。これには全読影医と担当の診療放射線技師が参加し、所見の整理や事後措置の決定や医療機関での結果報告を行っている。日々の事例をフィードバックすることは、読影医および診療放射線技師にとって大きな教育効果をもたらすことが期待でき、非常に有効な修練プログラムの一つになるだろう。また、マンモグラフィ検診制度管理中央委員会[4]は、検診マンモグラフィ 読影医師および撮影診療放射線技師・医師認定を行うために、試験を実施しており、こういった仕組みも質の高い胸部 CT 検診を普及させるために参考になると思われる。[7]

観察方法

大量の画像が発生する検診の場においては、効率よく処理することが重要になり、モニタ診断が有用である。中でも“Cine”や“Paging”と呼ばれる動画のような条件で読影することで、視点の動きが効率よくなるとともに、上下のスライスとの関連がわかりやすくなり、負荷が少なく精度の高い読影が可能となる。

読影に先入観を入れない

読影は非常に複雑な知的業務であり、様々な情報を元に判断の修正を行って、正確な診断にたどり着かねならない。そのためには、以下に示すような手順で読影を進めることが望ましいかと考える。既に胸部 CT 検診を始めておられる諸兄弟には述べるまでもないが、これから胸部 CT 検診を始められる方にとって少しでも参考になれば幸いである。

画像の読影をする際の最初の情報は、氏名や ID 番号 (加えて、性別や年齢) など最小限のものにとどめて、1 度読影することが望ましいと考える。異常な陰影があった場合には、まず画像から正確に所見を読み取って、それが画像診断として存在するのか、どうい

う疾患が考えられるのか、どの程度の可能性をもってがんが疑われるのかを判断する。更に、過去画像と比較して経時的変化がないかを注意深く読影してある程度、その症例の診断を想定する。その後、喫煙歴や職歴、既往歴、家族歴、自覚症状、他の検査項目の結果などを参照して、想定した診断にその他の条件が矛盾しないのかを判断をする。

もし、先に臨床情報や他の検査結果を得てしまうと最初から良悪性の目星をつけて読影してしまい、中立的な画像判断が出来なくなってしまふおそれがある。もちろん、がんの普遍的・最新の知見や疫学データなどを把握し、教科書や teaching film や自施設・学会での検討会などで実際の症例について学習することの必要性はいうまでもない。

なお、女性では初回受診時の肺がん発見率が高くが逐年受診では低下することと、喫煙者男性では経年受診時でも一定のがんの発見率が見られることは多くの施設から報告されており、着目すべき情報である。

事後措置

検診で有意な結節を発見したら、それを後日 HRCT にて精検したり、医療機関に紹介したりすることになる。確実に精検率や受診率を上げ 確実に精検結果を把握することは、質の高い胸部 CT 検診を行ってゆくために重要な事項である。

まず、検診結果を分かりやすく不安を少なく説明し精検や紹介の必要性を十分に伝えて受診の勧奨と確認を行ってゆく。紹介する医療機関としては、胸部 CT 検診に造詣の深い呼吸器内科医や胸部外科医が望ましいが、診察の結果を確実に把握できるように、医療機関と連携結んでゆくことが何よりも重要な事柄だろう。

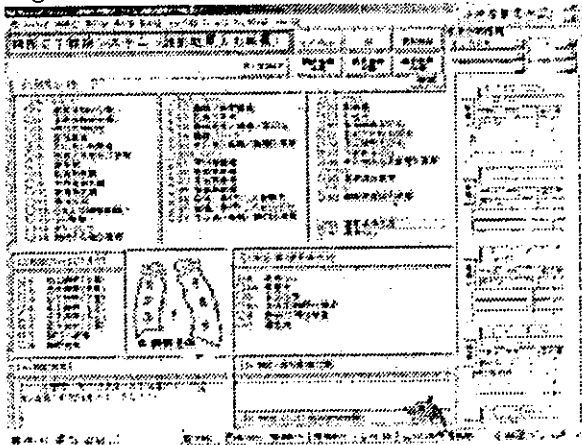
このように、受診者と紹介医療機関と我々胸部 CT 検診スタッフの繋がりを確固たるものにするには、医師や受診者のみならず検診業務全体を把握し management する事務系担当者の果たす役目が非常に大きなものと考えている。

データ管理

検診で扱う情報は多岐にわたり、それを管理するには、データベースの構築が不可欠である。以下に当センタで使用しているフォーマット[fig.13]を例としてあげる。特徴としては、特別なワークステーションがなくても市販の WINDOWS のコンピュータで作動するように ACSESS Microsoft で作成されている。効率記録ができるように、個人属性情報は既に自動あるいは事務担当者によって組み込まれた状態になっており、読影結果は基本的にチェックボタンで記録される。詳細な情報を記録するためにフリーコメント欄も用意されている。これにより、1 度入力された読影結果は、次年度での参照が簡便になり読影の際に非常に有用である。このようにデータベースを構築すると、他の検査データなどのデータベースとの関連づけを簡単に行うことが出来、様々な集計や解析が簡便に行えるといった大きなメリットがある。

またデータベース管理するうえでは、データ漏洩を防止する手段を講じることと、バックアップファイルを作成することと、データ改竄が出来ない仕組みを構築するなどに留意しなくてはならない。

Fig.13 読影レポートのシステム



【最後に】

今後も多くの施設が継続的な研究をし、それらを有機的に結び付けることで、胸部 CT 検診の有効性実証の成果をあげることができると確信する。更には、肺がんの発生や COPD・循環器疾患などに対して、喫煙など

のリスクファクターがどの程度影響しているのかを明らかにし、そもそも病気を作らないような対策を講じてゆくことも本研究会に科せられる大きな課題である。

文 献

[1] Fraser RS, Pare JAP, Fraser RG, et al: Chapter 1. The normal chest: synopsis of diseases of the chest. 2nd ed, Saunders, Philadelphia, p.1-116, 1994.
 [2] 原真咲, 小田京太, 白木法雄, 他: 特集 小さい肺癌をどう診断するか・小さい肺癌と鑑別を要する疾患. 画像診断 vol.21 No.7 2001.
 [3] Remy-Jardin M, Beuscart R, Sault MC, et al: Subpleural micronodules in diffuse infiltrative lung diseases: evaluation with thin-section CT scans. Radiology 177: 133-139, 1990
 [4] 高橋雅士, 九嶋亮治, 井上修平, 他: 特集 肺肉芽腫症の画像診断・リンパ腫様肉芽腫症、偽リンパ腫、炎症性偽腫瘍. 画像診断 vol.18 No.8 1998.
 [5] 南部敦史: 特集 よく見る偽病変/正常変異. 画像診断 vol.24 No.6 2004
 [6] Otake S, Takahashi M, Ishigaki T: Focal pulmonary interstitial opacities adjacent to thoracic spine osteophytes. AJR 179: 893-896, 2002.
 [7] 特定非営利活動法人 マンモグラフィ検診制度管理中央委員会: <http://www.mammography.jp/>

HITACHI



株式会社 日立メディコ

CTによる内臓脂肪面積自動診断 ソフトの開発と初期使用経験

Development of the Automated Diagnosis
System CT Screening for Visceral Obesity

山本修一郎: Syuichiro Yamamoto 中川 勲: Tonu Nakagawa
草野 涼: Suzushi Kusano 高村 雅礼: Masayuki Takamura
服部 敬: Kei Hattori 色川 正實: Masataka Irokawa

MEDIX VOL. 41 P.15~P.20抜刷

CTによる内臓脂肪面積自動診断ソフトの開発と初期使用経験

Development of the Automated Diagnosis System CT Screening for Visceral Obesity

山本修一郎	Syuichiro Yamamoto	中川 徹	Toru Nakagawa
草野 涼	Suzushi Kusano	高村 雅礼	Masayuki Takamura
服部 敬	Kei Hattori	色川 正貴	Masataka Irokawa

株式会社日立製作所 日立健康管理センタ

日本肥満学会ではBMI(body mass index) 25以上を肥満と定義している。さらに、ウエスト周囲径が男性85cm以上、女性90cm以上でなおかつ腹部CT検査による内臓脂肪面積が100cm²以上を肥満症としている。腹部CT検査により得られた画像から内臓脂肪面積は画像解析装置などで手動で計算できるが、総合健康診断のように大量のデータ処理が必要とされる場合、手動処理には限界があり内臓脂肪CT検査導入のネックであった。今回、われわれはCT画像を自動で解析し、内臓脂肪面積・皮下脂肪面積・腹囲を計測するソフトウェアを開発したので、その概要と初期の使用経験を報告する。

Japan Obesity Society defines the obesity as being over 25 in BMI (body mass index). It also defines the obesity as having over 85cm of circumference at waist for male and 90cm for female, and in addition, having over 100cm² of area of visceral fat measured by abdominal CT examination. The area of visceral fat can be calculated out manually using an analyzer from images obtained through abdominal CT examination. However, in case bulky data processing is required as in comprehensive health checkup, a limit exists in manual processing and this point had been a bottleneck against introduction of visceral fat examination using CT. Since we have developed this time a software program which allows automated analysis of CT image as well as measurement of area of visceral fat, area of subcutaneous fat and abdominal circumference, the outline of the system and our experiences in the early stage are reported below.

Key Words: Metabolic Syndrome, Visceral Obesity, Computed Tomography (CT), Computer Aided Detection (CAD)

1. はじめに

最近【内臓脂肪型肥満】の話題がマスコミで取り上げられることが多くなり、ダイエットやウォーキングなどの運動、高濃度茶カテキンなどの特定保健用食品ブームともあいまって【内臓脂肪】が国民的関心事になりつつある。また、沖縄県の男性の平均寿命が急激に低下したことが報道されたが、原因は肥満者の急増によるとされている。実際に肥満の指標であるBMI(body mass index)が25以上で、肥満と診断されてい

る沖縄県の壮年層男性は約5割にあたり、その割合は全国平均の2倍にも及んでいる¹⁾。

肥満は、壮年期からの基礎代謝量の低下を背景にカロリー過剰摂取および運動不足が原因であることが多いが、日本人は他の人種と違い肥満による健康障害が、小さな体重増加でも顕著に出やすいことが報告されている²⁾。実際に多くの日本人においてBMIが正常範囲と診断されているにも拘らず、

耐糖能異常が認められている。この肥満症について肥満の指標であるBMIで判定するだけでは、正確に個人のリスクを反映していないことを意味する。また、現在肥満と診断されなくても将来の循環器疾患発症の予測ができるような良い指標はないものであろうか。

これまではシンドロームX、死の四重奏や内臓脂肪症候群と呼ばれていた病態が、ここ最近になって“Metabolic syndrome”という統一した疾患概念で診断や治療対象となってきている。Metabolic syndrome(MS)は、内臓脂肪、インスリン抵抗性、低HDLコレステロール血症、高中性脂肪血症、高血圧など動脈硬化症の心血管疾患の危険因子が集積し心疾患イベントを起こしやすい病態として、注目されている症候群である。国際的に受け入れられつつある米国のNational Cholesterol Education Program (NCEP) の Adult Treatment Panel III (ATP III)で発表されたMS診断基準は、①臍周囲径で診断する内臓脂肪 ②高中性脂肪血症 ③低HDLコレステロール血症 ④高血圧 ⑤耐糖能異常のうち3個以上該当をMSと診断する⁹⁾。また、日本肥満学会から提示されている「肥満症」の診断基準の中で、腹部CT検査による臍周囲の断面像から測定する内臓脂肪面積が100cm²以上(BMI 25 以上は必要条件)を内臓脂肪型肥満とし、健康障害を伴いやすいハイリスク群としている⁹⁾。

内臓脂肪の過剰な蓄積がMSの源流にあることは間違いないようであるが、日本人におけるMSの診断基準を満たす人の割合や心血管疾患合併リスクは不明であり、日本人のための診断基準の作成が必要である。これまでCT検査による内臓脂肪面積測定についての報告はいくつかあるが⁹⁾⁻¹¹⁾、このCT検査の歴史は浅く、施行されている施設も限られているため、現在まで十分な検討がなされているとは言い難い。

当施設では2003年9月より腹部CTによる内臓脂肪面積測定を開始した。健康診断で多人数への対応という点で、手動で内臓脂肪面積を測定するには限界がある。そこで、コンピュータにより内臓脂肪を自動的に認識し、内臓脂肪面積を検出するソフトウェアを日立メディコ技術研究所と共同開発した。内臓脂肪面積自動測定ソフトの概要を報告するとともに、初期使用経験として内臓脂肪面積検査結果と他の血液生化学データなどを比較し、その有用性及び適切なカットオフ値について検討した。

2. 内臓脂肪面積自動測定ソフト概要

CT検査の画像入力後、ウエスト周囲径算出処理、脂肪外領域認識処理、脂肪領域分割処理の順に行い、計測結果を表示する。

2.1 ウエスト周囲径算出処理

入力した画像に対して、閾値処理により空気と軟部組織とを区別する。ここで閾値を-400HUに設定した。そしてラベリング処理を行い体領域を認識する。図1(a)に原画像を、同図(b)に体領域認識処理結果を示す。

得られた体領域の辺縁部を体表領域として、式(1)よりウ

エスト周囲径を算出する。

$$\text{waist's Circumference} = A \times \sum \sqrt{\text{distx}^2 + \text{disty}^2} \dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} \text{distx} &= | \text{Edge}_x[i] - \text{Edge}_x[i+1] | & \left(\begin{array}{l} A: \text{pixelsize} \\ 0 \leq i < 360 \end{array} \right) \\ \text{disty} &= | \text{Edge}_y[i] - \text{Edge}_y[i+1] | \end{aligned}$$

ここで、Edge_xは体表領域のx座標、Edge_yは体表領域のy座標である。体表領域は、体領域の重心を中心として放射状に設定する。係数Aは1画素あたりの大きさである。

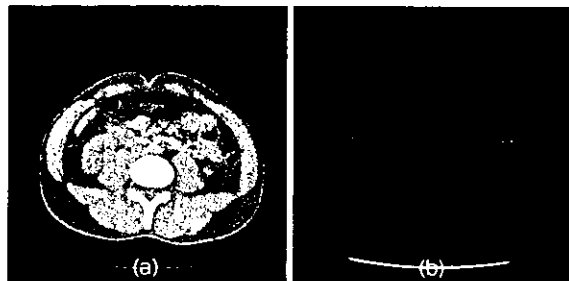


図1：体領域認識画像
(a)原画像 (b)体領域認識処理結果 体領域(赤)・体表(緑)

2.2 脂肪外領域認識処理

ウエスト周囲径算出処理で認識した体領域内には、表皮・脂肪・骨・筋肉・軟部組織などが含まれている。そこで本処理では、体表付近に存在する表皮領域を削除し、閾値処理により骨・筋肉・軟部組織領域を認識する。ここで閾値を-50HUに設定した。図2に脂肪領域外認識処理結果を示す。

図2において、赤色の領域が表皮領域、緑色の領域が骨・筋肉・軟部組織領域になる。ここで、全体脂肪領域は図1(b)の体領域から図2の脂肪外領域を削除した領域になる。図3に全体脂肪領域認識結果を示す。

2.3 脂肪領域分割処理

脂肪外領域認識処理で認識した骨・筋肉・軟部組織領域の位置情報をもとに、図3の全体脂肪領域を内臓脂肪と皮下脂肪に分割する。認識した骨・筋肉領域を利用して自動境界設定処理を行い、設定した境界情報をもとに内臓脂肪領域認識処理を行う。

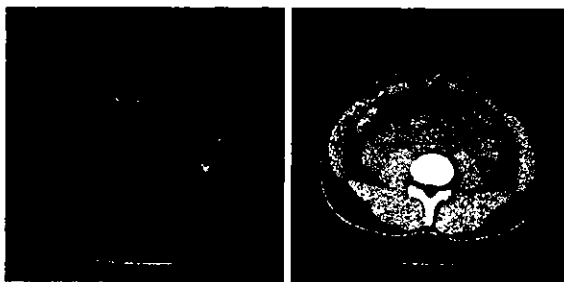


図2：表皮領域(赤)と骨・筋肉・軟部組織領域(緑) 図3：全体脂肪領域(緑)

2.4 自動境界設定処理

本処理は、骨・筋肉・軟部組織領域の重心算出、辺縁部認識処理、境界設定処理を順に行う。ここで、境界は重心から骨・筋肉・軟部組織領域辺縁部の距離が最大となる点とした。そして境界の不連続部は2次のスプラインを利用して補間を行った。図4に本処理結果を示す。図4の緑色の領域が骨・筋肉領域であり、赤色の領域が自動設定した境界である。

2.5 内臓脂肪領域認識処理

本処理は、自動設定した境界内領域認識処理を行い、その領域内の脂肪領域を内臓脂肪領域として認識する。図5に本処理結果を示す。

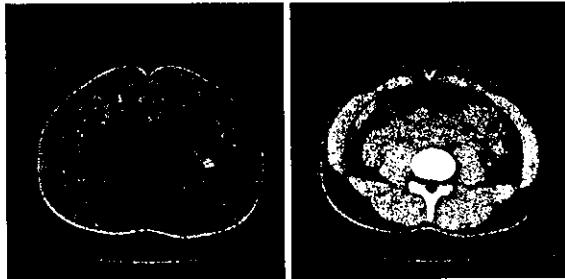


図4：境界内領域認識(赤内部) 図5：内臓脂肪領域の抽出(赤) 骨・筋肉・軟部組織(緑)

2.6 処理結果画像

図6(a)に原画像を、(b)に本アルゴリズムの処理結果を示す。

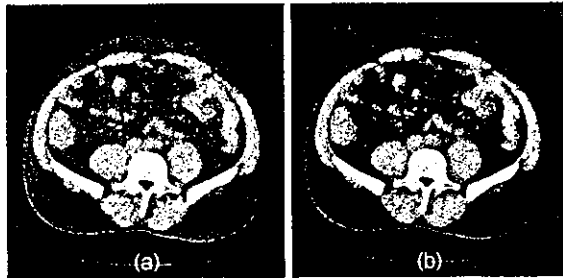


図6：処理結果画像 (a)原画像 (b)内臓脂肪領域(赤)・皮下脂肪領域(青)

図6(b)内の赤色の領域が内臓脂肪領域、青色の領域が皮下脂肪領域である。

コンピュータ(Pentium®4-M 2.0GHz, 512MB DDR-SDRAM)上で、1画像あたりの平均処理時間は約1.5秒であった。

3. 総合健康診断における腹部CTによる内臓脂肪面積測定

— 血液検査データおよび血圧との比較 —

3.1 対象

2003年9月5日～2004年2月27日までの6ヵ月間に、日立健康管理センタ・総合健康診断で胸部CT検診を受診した人

の中で、事前に腹部CTによる内臓脂肪面積測定の内容を説明し、同意が得られた2,238名(男性1,880例名・女性358名：平均年齢54.6歳(29～71歳))を対象とした。

図7(a)に男女別内臓脂肪面積の分布を、(b)(c)に男女別の平均内臓脂肪面積、平均皮下脂肪面積を示す。

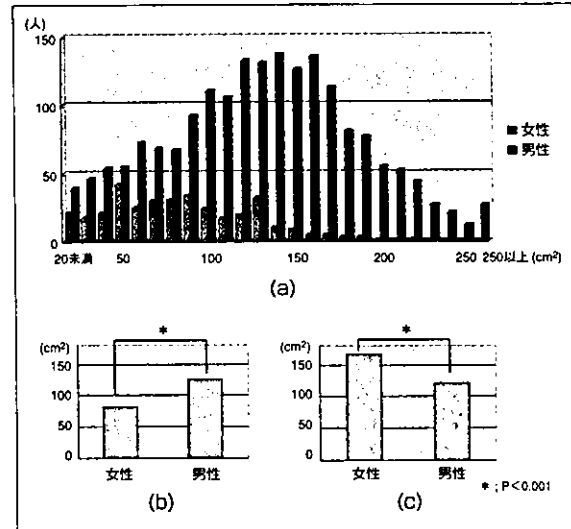


図7：内臓脂肪面積 (a)男女別内臓脂肪面積の分布 (b)男女別の平均内臓脂肪面積 (c)男女別の平均皮下脂肪面積

3.2 方法

胸部CT検診検査後、続けて腹部CT検査を施行した。臍部に位置合わせ、normal scanにて1 slice撮影した。撮影CT機種はRadix® turbo (日立メディコ)で、撮像条件：120kV、150mA、スライス厚2mmであった。臍部の一断面を撮像後、同断面での内臓脂肪面積、皮下脂肪面積、腹囲について開発したソフト(fatPointer®)で自動計測した。内臓脂肪面積が100cm²以上を内臓脂肪型肥満と判定し、内臓脂肪と皮下脂肪が色分けされた画像を結果報告書に添付し受診者に返送した。

3.3 検討項目

- (1) 内臓脂肪面積、皮下脂肪面積、BMI、体脂肪率、腹囲それぞれと、血圧、総コレステロール、中性脂肪、HDL-コレステロール、LDL-コレステロール、HbA1c、空腹時血糖、尿酸との相関を比較。
- (2) ROC曲線を用いて、内臓脂肪面積のカットオフ値について検討。
- (3) 内臓脂肪面積とBMIから4つのグループに分類し(表1)、各グループの血液検査・血圧データを比較。

表1：内臓脂肪面積とBMIによる分類

	内臓脂肪面積<100cm ²	100cm ² ≤内臓脂肪面積
18.5 ≤ BMI < 25	group 1	group 2
25 ≤ BMI < 30	group 3	group 4

<MEDIX VOL.41>

(4) 疾患合併数と内臓脂肪面積の関係について検討。(対象疾患は脂質代謝異常、耐糖能障害、高血圧、高尿酸血症の4疾患：診断には肥満症診断基準細則；減量を要する健康障害に定められた基準値を用いた)

なお(1)~(3)の検討に関しては、内服治療者を適宜対象から除外した。

3.4 結果

(1) 図8のように、各検査データは内臓脂肪と正の相関(HDL-Cは負の相関)を示した。最も相関係数の絶対値が大きかったのはHDL-Cの0.440で、次に中性脂肪が続く。逆に、最も相関が弱かったのは総コレステロールであった。表2は、各血液検査データと内臓脂肪面積(V)、皮下脂肪面積(S)、V/S、V/(V+S)、V/T(身長)、V/T²、腹囲、BMI、体脂肪率の相関係数を示しているが、ほとんどの血液検査データおよび血圧で、従来から広く用いられているBMIや体脂肪率より内臓脂肪面積の方が強い相関を示した。

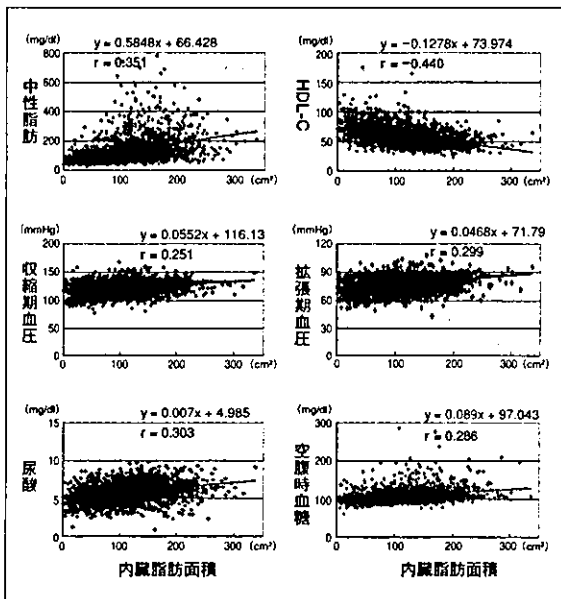


図8：各検査データ(中性脂肪・HDL-C・血圧・尿酸・空腹時血糖)と内臓脂肪面積の相関図

(2) 図9に、脂質代謝異常、耐糖能障害、高血圧、高尿酸血症の4疾患のうち2疾患以上合併症と内臓脂肪面積のROC曲線を示す。同様にして各検査データごとにROC曲線を作成し、それぞれのYouden指数から求めたカットオフ値を表3に示す。2疾患以上合併症では内臓脂肪面積のカットオフ値は97.5cm²、他の血液検査データでもおおよそ100cm²前後のカットオフ値を示した。

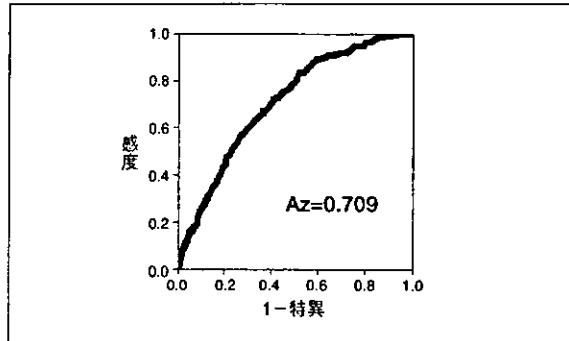


図9：2疾患以上合併症と内臓脂肪面積のROC曲線

表3：ROC曲線から求めた各疾患および2疾患合併症のカットオフ値

疾患	高血圧	高cho血症	高TG血症	低HDL血症	耐糖能障害	高尿酸血症
AZ値	0.612	0.549	0.733	0.711	0.655	0.655
カットオフ値	93.5	88.5	94.5	128.5	117.5	113.5

	2疾患以上合併
AZ値	0.709
カットオフ値	97.5

(3) 図10に示すように、普通体重(BMI 18.5以上25未満)で内臓脂肪面積100cm²以上のグループ(隠れ肥満)は、普通体重で内臓脂肪面積100cm²未満のグループ(普通群)よりすべての検査データのグループ別平均値が有意に高値(HDL-Cでは低値)を示した。また、普通体重で内臓脂肪面積100cm²以上のグループは、肥満1度(BMI 25以上30未満)で内臓脂肪面積100cm²以上のグループ(肥満群)と血圧な

表2：血圧および血液検査データと内臓脂肪面積の相関係数の比較

	V	S	V/S	V/(V+S)	V/T	V/T ²	腹囲	BMI	体脂肪率
SBP	0.251	0.122	0.148	0.175	0.256	0.259	0.209	0.243	0.141
DBP	0.299	0.112	0.178	0.230	0.295	0.287	0.249	0.259	0.096
TG	0.351	0.097	0.252	0.271	0.347	0.339	0.263	0.232	0.122
HDL-C	-0.440	-0.171	-0.255	-0.336	-0.409	-0.417	-0.389	-0.357	-0.147
LDL-C	0.186	0.194	0.017	0.039	0.195	0.203	0.191	0.205	0.237
TC	0.112	0.131	0.008	0.007	0.124	0.135	0.094	0.102	0.204
FBS	0.286	0.090	0.224	0.223	0.288	0.286	0.220	0.214	0.092
HbA1c	0.213	0.089	0.167	0.144	0.223	0.232	0.155	0.174	0.120
UA	0.303	0.047	0.240	0.294	0.286	0.264	0.264	0.218	0.000

V：内臓脂肪面積 (cm²) S：皮下脂肪面積 (cm²) T：身長 (cm)

どのいくつかの検査データで有意差を認めなかった。さらに、肥満1度で内臓脂肪面積100cm²未満のグループ(健康肥満)は、普通体重で内臓脂肪面積100cm²以上のグループと比べて、すべての検査データで低値(HDL-Cでは高値)を示した。

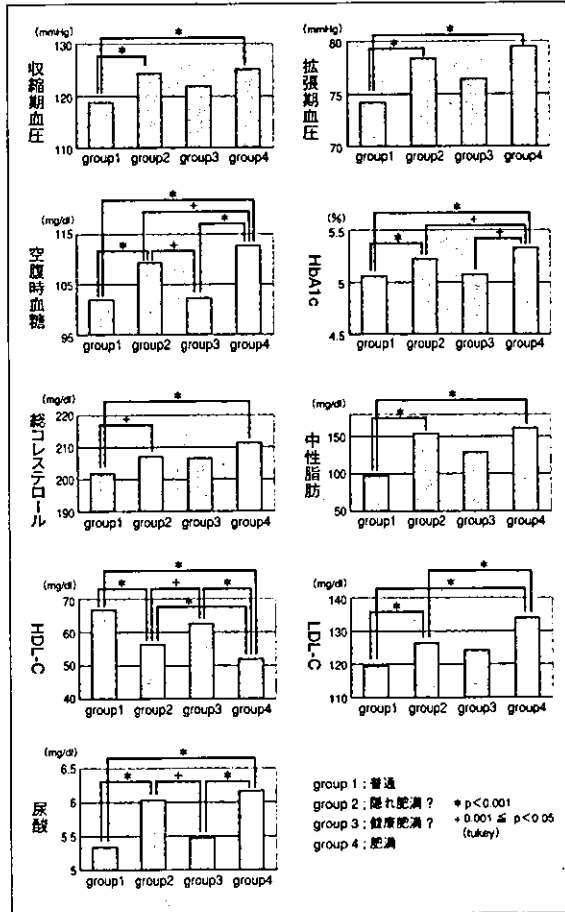


図10：血圧および血液検査データにおける4つのグループ別平均値の比較

(4) 脂質代謝異常、耐糖能障害、高血圧、高尿酸血症の4疾患に関して、図11に示すように内臓脂肪面積が増えるに従って疾患合併数0の割合は減少し、逆に2疾患以上合併

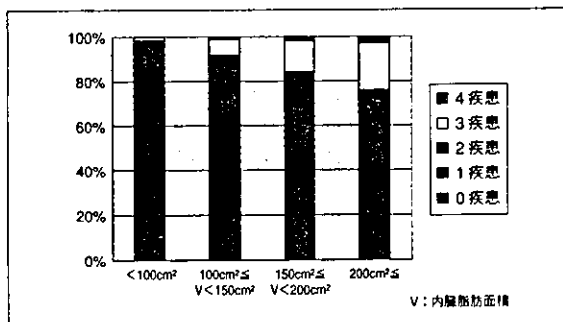


図11：内臓脂肪面積別の人数分布(%)

している人の割合は増加している。また、疾患合併数別の平均内臓脂肪面積を見ると、合併数が増えるに従って内臓脂肪面積も増加している(図12)。

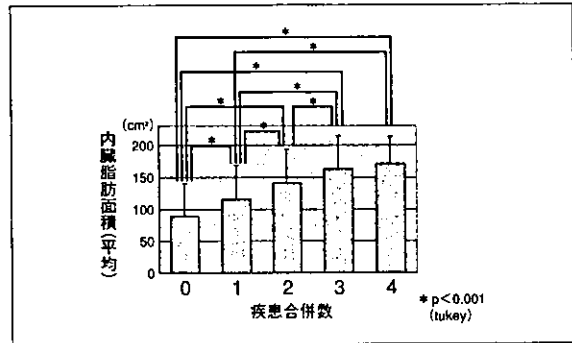


図12：疾患合併数別の内臓脂肪面積平均値の比較

4. 考察

WHO基準ではBMI 30以上を肥満としているが、日本人は軽度の肥満でも糖尿病などの生活習慣病を合併しやすいといわれており、日本肥満学会の判定基準でもBMI 25以上が日本人の肥満の基準とされている。しかし、BMI 25以下であっても生活習慣病を合併している人は、特に産業保健の現場での健康診断などで、かなり頻繁に遭遇し、男性の場合は特にその傾向が強いような実感を持っていた。

近年では、BMIよりもむしろ体脂肪分布パターンの違い、特に内臓脂肪型肥満の有無が耐糖能異常などの生活習慣病と関連が強いことがはっきりしてきており、その測定方法や表示方法が注目されている。

今回われわれは2,238名という比較的多くの人の内臓脂肪面積を測定することができた。まず男女別の内臓脂肪、皮下脂肪を比較した。従来から男性は内臓脂肪が多く、女性は皮下脂肪が多いと言われているが、今回の対象でも同様の結果であった。もしBMIよりも内臓脂肪面積の方が生活習慣病との関連が強ければ、同じBMIでも男性はもっと減量が必要となり、女性は問題ないということがあるだろう。また、同じ男性でも筋肉が多くて体重が重たい人の場合は内臓脂肪は少ない可能性があり、やはりBMIを主体に判断できなくなってしまう。そこで今回のデータをもとに、内臓脂肪面積と生活習慣病との関連や、BMIなどの従来からの指標との比較を行った。

内臓脂肪面積は、BMI、腹囲、体脂肪率などの従来のパラメーターと比較して、高血圧、耐糖能障害、脂質代謝異常、高尿酸血症などの合併とより関連があると考えられた。特に血液生化学データのうちHDL-Cや中性脂肪との相関が強く、逆に総コレステロールとの相関は弱かった。この結果とATP IIIによるMetabolic syndrome(MS)の診断基準を考慮すると、内臓脂肪の蓄積がMS発症と強く関連していると考えられた。内臓脂肪面積のカットオフ値についての検討では、2疾患以上合併症やその他の検査データで100cm²前後の値をとっており、従来の報告と同様に100cm²はカットオフ値とし

て妥当と考えた。また、内臓脂肪とBMIから普通群、隠れ肥満群、健康肥満群、肥満群に分けると、隠れ肥満群は、普通群より生活習慣病に関連するデータが有意に悪く、肥満群とも血圧などのいくつかのデータで有意差がなかった。また、健康肥満群は、隠れ肥満群と比べ、すべての検査データが低値(HDL-Cは高値)であった。このことから、BMI 25以上以下に関わらず、内臓脂肪の蓄積した状態では生活習慣病発症のリスクが高いと考えた。逆にBMIが高くても内臓脂肪が蓄積していなければ、リスクが低い可能性も示唆された。最後の検討では、内臓脂肪面積が増えるほど疾患合併数が増える傾向が見られた。逆に内臓脂肪を減らせば本当に疾患合併数を減らすことができるのかどうかの検討が今後必要であろう。

現在、多くの施設でBMIを中心とした肥満の評価がされている。内臓脂肪型肥満についても、まずはBMI 25以上で、かつ腹囲がある一定の基準を満たした人のみを対象に内臓脂肪面積を測定することで判定されることになっている。今回の結果からBMIや腹囲に関わらず、内臓脂肪面積が100cm²を超える人は内臓脂肪型肥満と判定し注意を促す必要があると考えられる。ただし、CTで内臓脂肪面積を測定することができる施設は限られており、コストの問題もある。被曝についても現状の撮影条件で健康影響がないレベルと考えられるが、さらなる低線量化が必要である。

CTによる内臓脂肪面積測定には、肥満症の検討をすることのほかにもう1つの目的がある。それは、本人の内臓脂肪CT画像をもとに、より効果的な保健指導を行うことである。以前、胸部CT検診において肺気腫を呈した自分の肺CT画像を見た受診者が、その後禁煙に対して意欲的に取り組んだ例をわれわれは数多く経験した。CTによる内臓脂肪面積測定に関しても、その画像を有効に利用することで各人が意欲を持ってダイエットや運動療法に取り組み、内臓脂肪減量に成功する効果を期待しているところである。従来は医療機関で説明だけ受けていた自分のCT画像を自宅に持ち帰り、その画像をもとにして内臓脂肪を減らそうという意欲が継続するかどうか重要なのである。さらに実際に減った結果を得ることで、リバウンドを抑止しうるかどうかも重要である。減った内臓脂肪をまたCT検査で確認することでさらに減量継続のモチベーションが向上するかもしれない。いずれにせよこの内臓脂肪CT画像の効果については現時点では結論が出ず、今後追跡調査する必要があると考える。

5. まとめ

数値のみを受診者に提示する従来の検査(BMIや体脂肪率、血液生化学検査など)と比べ、腹部CTによる内臓脂肪面積測定は画像の視覚的なインパクトを受診者に与えることができる。今回はさらに、内臓脂肪面積は従来の検査と比べて生活習慣病の合併とより相関が強いことが示され、この方法が肥満症の予防・治療に有効活用できる可能性が示唆された。

※1 Pentiumはインテル・コーポレーションの登録商標です。

※2 Radix、※3 fatPointerは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) 桑江なおみ,ほか: 沖縄県における性別、年代別BMI、血圧、総コレステロール、血糖の平均値およびハイリスク者の割合. 沖縄県衛生環境所報, 36: 99-107, 2002.
- 2) Fujimoto WY, et al: Susceptibility to development of central adiposity among populations. *Obes Res* 3(Suppl 2): 179S-186S, 1995.
- 3) Yano K, et al: A comparison of the 12-year mortality and predictive factors of coronary heart disease among Japanese men in Japan and Hawaii. *Am J Epidemiol* 127: 476-487, 1998.
- 4) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults: Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 285: 2486-2497, 2001.
- 5) Grundy SM, et al: Definition of metabolic syndrome: report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition. *Circulation* 109: 433-438, 2004.
- 6) The Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan, Japan Society for the Study of Obesity: New criteria for 'obesity disease' in Japan. *Circ J* 66: 987-992, 2002.
- 7) Nakamura T, et al: Contribution of visceral fat accumulation to the development of coronary artery disease in non-obese men. *Atherosclerosis* 107: 239-246, 1994.
- 8) Fujioka S, et al: Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 36: 54-59, 1987.
- 9) Kobayashi H, et al: Visceral fat accumulation contributes to insulin resistance, small-sized low-density lipoprotein and progression of coronary artery disease in middle-aged non-obese Japanese men. *Jpn Circ J* 65: 193-199, 2001.
- 10) 柳沢一男,ほか: 体脂肪分布の違いにより評価した肥満者における糖代謝の研究: 内臓脂肪増加に伴う耐糖能悪化及びインシュリン抵抗性の増大について. *日内分泌会誌*, 67: 1240-1251, 1991.
- 11) Yoshizumi T, et al: Abdominal fat: standardized technique for measurement at CT. *Radiology* 211: 283-286, 1999.