

図 18 三脚上の Fluxgate 型磁束計による肺磁界測定

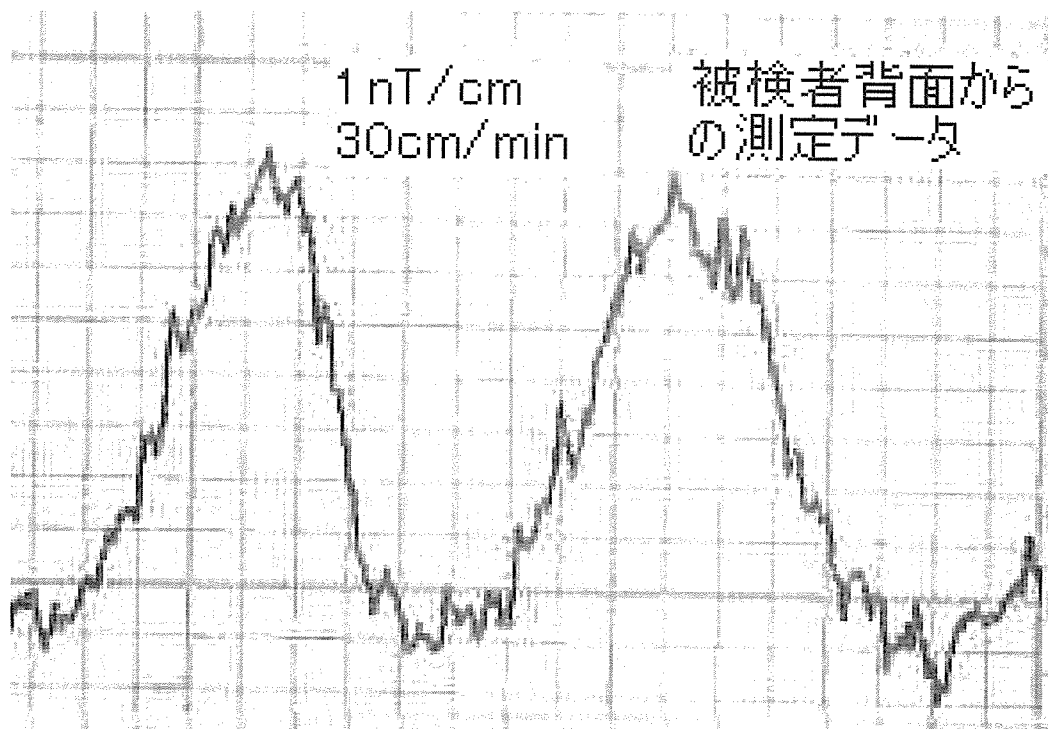


図 19 測定手技にともなう肺磁界強度の時間変化

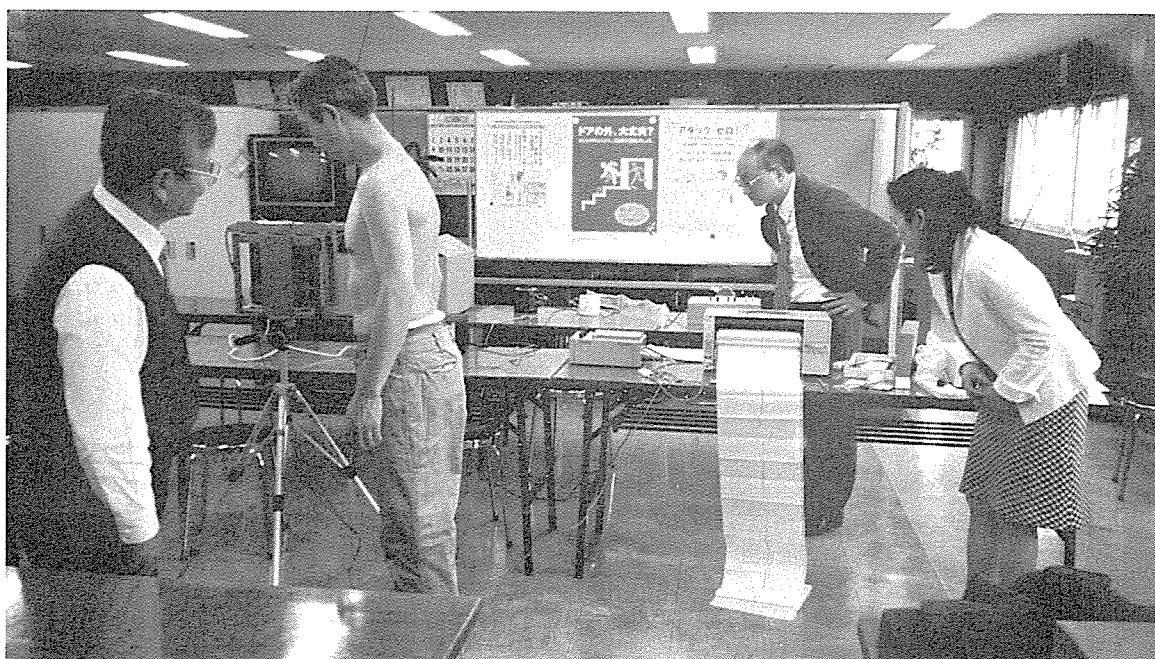


図 20 携帯型肺磁界測定装置による測定風景

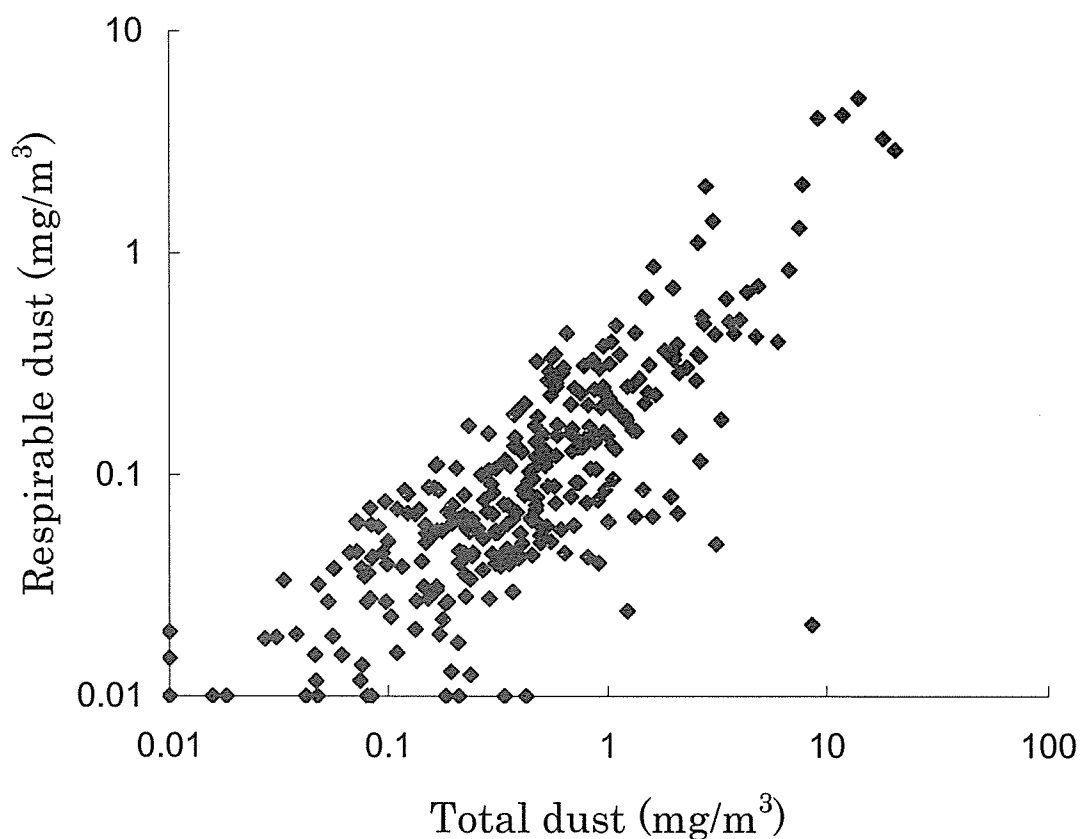


図 21 粉体トナー個人曝露量の分布

表 1 携帯型肺磁界測定装置による溶接作業者の肺磁界強度

ID	年齢	職歴 (年)	粉じん歴 (年)	溶接歴 (年)	喫煙 (年)	磁化時間 (ms)	最大電圧 (V)	最大磁束密度 (nT)	
TN	23	7	6	6	0	100	280	前胸壁0.6以下 (測定不可)	
AM	55	6	20	0	32	100	280	前胸壁0.6以下 (測定不可)	
OJ	42	18	18	18	0	100	280	左上前胸壁 1.4	左上背中 1.8
HK	38	4	12	12	19	100	280	右上前胸壁 1.3	左上背中 1.7
MS	58	37	37	37	39	100	280	左下前胸壁 1.4	右下背中 2.0

## エックス線写真条件—DR の検討

分担研究者：村田 喜代史（滋賀医科大学医学部・教授）

### 研究要旨：

じん肺健康診断に使用される胸部エックス線写真において、新しく臨床に利用されるようになったデジタル・ラジオグラフィ（DR）を用いる場合に、どのような条件で撮像および表示をするべきかについて、従来のフィルムと比較して検討した。

### A. 背景および研究目的

職業性呼吸器疾患の健康管理において、胸部エックス線写真は病変の有無や程度を判断する上で重要な役割をもつが、近年、エックス線撮影技術の進歩とともに新しい撮影技術が臨床の場に登場し、それらに対する対応が重要かつ緊急の課題となっている。従来の胸部エックス線写真は、増感紙と組み合わせて撮影されたエックス線フィルムを現像処理してできるアナログ画像であったが、最近ではデジタル胸部エックス線写真が増加している。

最初のデジタル画像は、イメージングプレートに蓄えられた撮影情報をレーザー光で光情報に変換したものをデジタル化したコンピューテッド・ラジオグラフィ（CR）である。CR の臨床への普及に対応する形で、平成 10—11 年に、じん肺健康診断への CR の活用に関する研究班が組織され、その検討によって、CR の使用が認められるとともに、その撮影条件等が定められた。その後、撮影と同時にデジタル化を行うフラットパネル検出器を用いた DR システムが登場し、臨床の場に急速に広まりつつある。今後、この DR システムが胸部エックス線写真の撮影現場で広く用いられるようになることは間違いなく、早急にじん肺健康診断に DR を用いることの是非や用いた場合の条件等を検討しておくことは重要と考えられ、この研究を行った。

本研究では、じん肺健康診断に使用することが認められているフィルムや CR を用いた胸部エッ

クス線写真を対照として、DR で撮影された胸部エックス線写真の比較検討を行い、じん肺 X 線判定が両者の間で、ほぼ同等かどうかを検証することを目的とした。

### B. 研究方法

平成 17 年度では、パイロットスタディーとして、じん肺患者の少数例において、同一患者におけるフィルムと DR を撮影し、その比較検討を行った。

#### 1. 症例収集

研究協力施設である福島労災病院において、院内倫理委員会の承認を受けた後、じん肺患者 20 名において、フィルム法による胸部エックス線写真と DR システム（キャノン社製）による胸部エックス線写真を撮影した。さらに、種々のエックス線分類の症例を加えるために、福井大学医学部国際社会医学講座環境保健学領域の日下幸則教授に協力依頼を行い、フィルムと DR で撮影されたじん肺症例の提供を受けた。

パイロットスタディー読影実験用として、エックス線分類の第 0 型、第 1 型、第 2 型、第 3 型を数例ずつ、計 25 例を選択した。

さらに、その中の 4 例においては、種々のパラメータで表示されたフィルムを用意した。また、キャノン社の症例に加えて、他の DR 装置を出しているメーカーにも症例提供を依頼した。

## 2. 症例検討会

分担研究者に加えて、中央あるいは地方じん肺審査医を担当している4名の研究協力者が集まり（計5名）、症例検討を行った。

### (1) 読影実験

25例のじん肺患者（フィルムとDR）、計50枚の写真をランダムな順序で1枚ずつ提示し、各読影者が独立して、エックス線分類（第0型、第1型、第2型、第3型）を判定した。読影実験終了後、同じ症例のフィルムとDRを並べて観察し、その違いを合議で検討した。

### (2) 画像条件の検討

同じ症例で、DRのパラメータである濃度、コントラスト、周波数処理を種々の条件で表示したフィルムを同時に観察し、適切な条件を合議で検討した。

### (3) キヤノン社以外のメーカーのフィルムの検討

キヤノン社以外に、GE社、フィリップス社、シーメンス社、東芝社、日立社から提供された、2-3例ずつの種々の条件で表示したフィルムを並列して観察し、適切条件を検討した。

## C. 研究結果

### (1) 読影実験

25症例ずつ5人で、のべ125症例の判定結果の実数とまとめを表1、表2に示した。のべ125症例のうちで、アナログ画像（フィルム）とデジタル画像（DR）の判定が同じであったものが93例（74.4%）で、デジタル画像がアナログ画像より1段階高い判定したものが24例（19.2%）、アナログ画像より1段階低い判定をしたものが8例（6.4%）であった。また、2段階以上の離れた判定はみられなかった。

また、アナログ画像においてもデジタル画像においても、読影者間のばらつきが見られたため、コンセンサスとして5人中3人以上で一致した判定を採用し、その場合の両者の判定の比較を表3に示した。その結果、25症例中、X線分類の2型か3型かで判定が一致しなかった症例が2例、1型か2型かで判定が一致しなかった症例が1例、0型か1型かで判定が一致しなかった症例が3例みられたが、残りの19症例（76%）ではアナログ画像とデジタル画像の判定は一致した。

また、5人中4人以上の判定が一致したのは、25例中、アナログ画像で17例（68%）、デジタル画像で20例（80%）であった。

表1 アナログ画像とデジタル画像における判定の比較

アナログ画像	—	デジタル画像	症例数
0	—	0	24
0	—	1	8
1	—	0	1
1	—	1	39
1	—	2	8
2	—	1	3
2	—	2	22
2	—	3	8
3	—	2	4
3	—	3	8
計			125例

表2 判定の相違に関する結果のまとめ

判定の違い	症例数 (%)
アナログ画像 = デジタル画像	93例 (74.4%)
アナログ画像 < デジタル画像	24例 (19.2%)
アナログ画像 > デジタル画像	8例 (6.4%)
計	125例 (100.0%)

表3 症例ごとの過半数判定の比較 (5人の読影者のうち3人以上の判定値)

症例	アナログ画像	デジタル画像
1	1	1
2	2	2
3	1	1
4	1	1
5	2	2
6	1	1
7	3	3
8	1	1
9	1	1
10 *	1	2
11	1	1
12 *	2	3
13 *	3	2
14	2	2
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	2	2
19	3	3
20	0	0
21 *	0	1
22	1	1
23 *	0	1
24	1	1
25 *	0	1

一致率 : 25例中19例 76%

\* : 不一致例

#### <読影実験の結果のまとめ>

1. フィルムと DR のじん肺 X 線分類の判定に関して、コンセンサスの判定では 76%、個別の判定では 74%の一致率であった。
2. X 線分類の判定において、DR がフィルムより高い判定に出る傾向がみられた。
3. 0 型と 1 型の間での判定の異なった症例が最も多かった。

#### (2) 画像条件の検討

キャノン社におけるパラメータの検討では、濃度 17-20、コントラスト 14-17、周波数強調は 0-1 が適切と判断された。

#### (3) メーカーにおける表示条件

各メーカーにおける表示条件の検討では、メーカーによって個々のパラメータの設定が独立ではなく、連動して変化する場合があることが明らかになった。この場合には、キャノン社と同様のパラメータの範囲を設定することが困難であった。また、メーカーによっては、撮影者によるパラメータの選定に制約がある場合があることがわかった。

### D. 考 察

#### (1) 読影実験における判定のばらつきについて

今回の読影実験では、じん肺 X 線分類の判定において、フィルムと DR の間に若干のばらつきがみられたが、この原因として、いくつかの要因が考えられた。まず、撮影されたフィルム法によるエックス線写真が必ずしも最適な条件で撮影されていないので、個々の読影者がもっている病変密度の判定基準で判定した場合にばらついた可能性が考えられる。また、デジタル画像においても本来の臨床で最適とされる DR 画像とは異なるパラメータを用いて画像表示しているために、じん肺判定のばらつきが生じた可能性もある。また、フィルム法と DR 法ではわずかに画質の違いがあることが今回の検討会でも指摘され、今回の読影実験でも DR 画像がやや高めの判定となる傾向がみられた。したがって、これもばらつきの要因かも

しれない。したがって、今回の予備実験で得られた 74-76%の一致率はこれらの要因を含んでいると考えられるので、フィルムと DR の相違の程度を最終的に判断するためには、これらの条件を整えて、さらに症例を加えて検討する必要があると思われる。

また、フィルムと DR の間ばかりでなく、同一症例における読影者間の判定のばらつきがフィルムにおいてもみられ、さらに、この読影者間のばらつきはフィルムよりも DR の方が小さいことから、一定の適正な条件が定められれば、じん肺判定においてフィルムと DR の間には本質的な違いがないことが推測される。

今回使用した症例数も小さく、必ずしも適切な症例ばかりでなかった可能性がある。けい肺などの固い結節は、フィルムでも DR でも評価に違いはないと思われたが、溶接工肺のような淡い結節、小さな結節、あるいは不整形陰影といった症例が少なく、今後さらに、これらの症例を含めた画像検討が必要であると考えられる。

#### (2) メーカー間の相違について

今回の検討では、メーカーごとにパラメータが異なり、さらに撮影者が変更できない場合や、パラメータが連動して動く場合があるために、キャノン社の DR で設定したような適切パラメータの範囲設定を他のメーカーではできない場合があることが明らかになった。メーカーの協力を得て、メーカーごとに適切表示条件をどのように設定するのか、十分な検討が必要と思われた。場合によっては、個別のパラメータではなく、総合的な表示条件を決めて、設置時に導入しておくといった方法も必要になるかもしれない。

#### (3) 今後の検討方向、課題

検討の必要なタイプの症例をどのように集めるかが大きな問題となるが、平成 18 年度は、じん肺症例を多くフォローしておられる研究協力者に依頼して、不整形陰影や淡い陰影などをもった患者の分布を把握し、協力を依頼して、症例を集積する。さらに、福井大学にも再度、協力を依頼す

る。現在、DR が設置されている施設では、すでにフィルム撮影ができる装置が無い場合が多く、フィルムと DR を同一症例で揃えることは今後困難になることが予想される。そこで、すでに認定されている CR を対照として、症例を集積することを原則としたい。ただ、CR 写真もメーカーによってばらつきがあり、対照とするためにはメーカー、条件をある程度絞るべきであり、この基準としては、かつて厚生労働省で作成した、CR 標準写真のときに用いた条件は一つの基準になると考えられる。

また、メーカーごとの最適条件の設定も平成 18 年度の重要な検討課題としてとりあげたい。

## E. 結 論

平成 17 年度に実施した予備実験によって、DR はじん肺健康診断に利用できる可能性が示唆されたが、最終判断の前に、不整形陰影を含めた、より多くの症例における更なる検討が必要である。



## じん肺有所見者の肺機能の評価に関する研究

阿部 直（北里大学医学部医学教育研究部門助教授）  
近藤 哲理（東海大学医学部内科学系呼吸器内科教授）  
横場 正典（北里大学医学部呼吸器内科）  
益田 典幸（北里大学医学部呼吸器内科教授）  
相澤 好治（北里大学医学部衛生学・公衆衛生学教授）

### A. 目的

わが国では、労働人口の高齢化と共に、過去に発生したじん肺患者、すなわち、じん肺有所見者の著しい高齢化を迎えている。

じん肺有所見者に対しては、じん肺の進行防止が重要であり、その方法の基本的な医学的要件は「じん肺管理区分」（管理区分）<sup>22)</sup>で定められている。管理区分の構成要素は、胸部エックス線所見と肺機能障害の程度である。特に、「著しい肺機能障害」の有無は、じん肺管理区分を決定する重要な要素であると共に、じん肺の補償の点でも、極めて重要である。

近年、管理区分の肺機能障害の基準について、再検討すべきとの意見が出ている。その理由は以下のようなものである。現在、管理区分を決定する肺機能障害の程度の一つにパーセント肺活量（%VC:%Vital Capacity）が使用されている<sup>22)</sup>。その VC の正常値の予測式<sup>1)</sup>は、欧米人を対象に求められ、日本人を対象にして求められたものでないことである。その他の正常値の指標に関しても、十分な数の健康な高齢者を集めることが困難な時代に求められたことが挙げられている。

日本呼吸器学会では、多くの高齢者を含む日本人健康者を対象に、正常値を 1993 年（当時の日本胸部疾患学会）<sup>18)</sup>と 2001 年<sup>19)</sup>に発表した。予測式の使いやすさの問題、学会内部の問題、呼吸機能検査機器メーカーの問題、使用施設の問題等により、それらの正常値は普及してない。しかしながら、正常・異常の判定、異常の程度の判定には、多くの高齢者を含む日本人健康者を対象に

求められた正常値を使うべき事は明白である。

じん肺による肺機能障害は、主として肺の線維性増殖による弾性低下に起因する拘束性換気障害と、肺の癒痕性収縮に続く気道狭窄や気腫性変化などに起因する閉塞性換気障害が混在しており、さらに有所見者の多くが喫煙者のために複雑な様相を呈している<sup>10)</sup>。拘束性換気障害に対する評価についてはこれまでに大きな変化はないが、慢性の閉塞性換気障害の評価は近年になって慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive lung disease: COPD）に関する知見が集積されるにいたって、従来からの一秒率については閉塞性障害の有無の評価にのみ用い、重症度の判定には予測値に対する実測した 1 秒量の割合を重視する趨勢にある<sup>6)</sup>。また、血液ガスの評価には簡便で患者への襲侵が少ないパルスオキシメータが普及し、健康保険制度においても、在宅酸素療法の管理にパルスオキシメータによる酸素飽和度の測定が指示されるなど技術革新に対応した規則の変化が認められる。

そこで、本研究では、①「じん肺診査ハンドブック」（以下ハンドブックと略す）<sup>22)</sup>の管理区分の見直しができるように、2001 年に日本呼吸器学会から発表された「日本人のスパイログラムと動脈血ガス分圧基準値」を参考にして、ハンドブックに掲載されている「著しい肺機能障害」の判定基準の問題点を検討すると共に、②パルスオキシメータなどの新しい指標導入の可能性を考察することを目的とした。

## B. 方法

ハンドブックでは、「肺機能検査の結果の判定に当たっては、肺機能検査によって得られた数値を基準値に機械的にあてはめて判定することなく、エックス線写真像、既往歴及び過去の健康診断の結果、自覚症状及び臨床所見も含めて総合的に判断する必要がある。」ことが述べられている。しかしながら、一方では、「1次検査の結果、次のいずれかに該当する場合には、一般的に『著しい肺機能障害がある』と判定する」と定められている。

- ① %VC (Vital Capacity : 肺活量) が 60%未満の場合
- ② 1 秒率 (FEV<sub>1.0</sub>%) が各年齢の限界値未満の場合
- ③  $\dot{V}_{25}/Ht$  (Ht : 身長) が各年齢の限界値未満の場合
- ④ 二次検査の結果、AaDO<sub>2</sub> (肺泡気動脈血酸素分圧較差) が各年齢の基準値を超える場合

そこで、本研究では、これらの各項目について検討することとした。しかしながら、③の  $\dot{V}_{25}/Ht$  の各年齢の基準値については、すでに高齢者の肺機能に関する調査研究委員会により、「 $\dot{V}_{25}$  はばらつきが大きく、信頼性に乏しい指標であることが明らか」と報告<sup>15)</sup> されていること、また、「65歳以上の老年者の集団から  $\dot{V}_{25}$  の値の異常値を検出することは不可能である」と報告<sup>19)</sup> されているため、本研究の対象から除外した。

### 1. %VC について

検討した VC の基準値の予測式は、次の 2 種類の予測式である。すなわち、ハンドブックの 51 頁に掲載されている Baldwin ら<sup>1)</sup> による VC の基準値の予測式

Baldwin らによる VC の基準値 (正常値) の予測式

$$\text{男性 } VC(L) = (2.763 - 0.0112 \times \text{Age}) \times Ht(m)$$

$$\text{女性 } VC(L) = (2.178 - 0.0101 \times \text{Age}) \times Ht(m)$$

Ht : 身長

および、2001 年日本呼吸器学会から発表された、VC の基準値<sup>19)</sup> である。

2001 年の日本呼吸器学会の VC の基準値 (正常値) の予測式

男性

$$VC(L) = 4.50 \times Ht(m) - 0.023 \times \text{Age} - 2.258$$

$$\text{残差標準偏差 (RSD)} = 0.560$$

女性

$$VC(L) = 3.20 \times Ht(m) - 0.018 \times \text{Age} - 1.178$$

$$\text{残差標準偏差 (RSD)} = 0.370$$

これら予測式によって得られる値の違いを、検討した。また、Baldwin らによる VC の基準値の予測式と 2001 年の日本呼吸器学会の VC の基準値の予測式とに基づいた「著しい肺機能障害」と判定される限界値を比較検討の対象とした。

### 2. 1 秒率 (FEV<sub>1</sub>%) について

検討した 1 秒率に関する式は、ハンドブックから得られた次の式と、2001 年に日本呼吸器学会から発表された以下の予測式である。

ハンドブック (73 頁 表 2、表 3) では著しい肺機能障害があると判定する限界値 (%) を表に示している。表の値をプロットすることにより以下の式が得られる。

著しい肺機能障害があると判定する限界値 (%)

$$\text{男性 } FEV_1\%(%) = 70.221 - 0.373 \times \text{Age}$$

$$\text{女性 } FEV_1\%(%) = 75.791 - 0.261 \times \text{Age}$$

2001 年に日本呼吸器学会から発表された予測式

男性

$$FEV_1\%(%) = 2.8 \times Ht - 0.19 \times \text{Age} + 89.313$$

$$\text{残差標準偏差 (RSD)} : 6.147$$

女性

$$FEV_1\%(%) = -9 \times Ht - 0.249 \times \text{Age} + 111.052$$

$$\text{残差標準偏差 (RSD)} : 7.441$$

### 3. AaDO<sub>2</sub> について

検討した AaDO<sub>2</sub> に関する式は、ハンドブックから得られた次の式と、2001 年に日本呼吸器学会から発表された以下の予測式である。

ハンドブック (74 頁 表 6) では、著しい肺機

能障害があると判定する限界値を男女共通の表により示している。その値をプロットすることにより以下の式が求められる。

$$AaDO_2 = 0.210 \times \text{Age} + 23.8 (\text{Torr})$$

2001 年の日本呼吸器学会の  $AaDO_2$  の基準値 (正常値) は男女別に記載されている。

$$\text{男性} \quad -9.9 \times \text{Ht(m)} + 0.024 \times \text{Age} + 29.695$$

(Torr)

$$\text{残差標準偏差 (RSD)} = 7.518$$

$$\text{女性} \quad 10.4 \times \text{Ht(m)} + 0.135 \times \text{Age} - 7.324$$

(Torr)

$$\text{残差標準偏差 (RSD)} = 9.909$$

## C. 結果

### 1. %VC について

VC 日本呼吸器学会に対する  $VC_{\text{Baldwin}}$  の比 ( $VC_{\text{Baldwin}}/VC$  日本呼吸器学会)

Baldwin らによる基準値 (正常値) の予測式は 2 変数の積が入っており、2001 年の日本呼吸器学会の VC の基準値の予測式は 2 変数の 1 次式なので、従来の Baldwin らの式によって得られた VC の予測式を 2001 年の日本呼吸器学会の予測式に直接変換することはできない。しかし、いずれの式も年齢を固定すれば身長に対する 1 次式となるために、年齢毎に両式から得られる基準値を比較することは可能である。

男性から得られる基準値を例にとると Baldwin による基準値は

$$VC_{\text{Baldwin}} = (2.763 - 0.0112 \times \text{Age}) \times \text{Ht}$$

であり、日本呼吸器学会 2001 年による基準値は

$$VC \text{ 日本呼吸器学会} = 4.50 \times \text{Ht} - 0.023 \times \text{Age} - 2.258$$

である。

ここで、

$$y = \frac{VC_{\text{Baldwin}}}{VC \text{ 日本呼吸器学会}}$$

$$x = \text{Ht}$$

$$a = 2.763 - 0.0112 \times \text{Age}$$

$$b = 4.50$$

$$c = 0.023 \times \text{Age} - 2.258$$

とすると、

$$y = \frac{a \times x}{b \times x - c}$$

この式を展開すると

$$\left(y - \frac{a}{b}\right) = \frac{\frac{a \times c}{b^2}}{x - \frac{c}{b}}$$

となる。年齢を定めると、 $a$  も  $c$  も定数となり、 $y$  と  $x$ 、すなわち、 $VC_{\text{Baldwin}}$  の比と身長との関係は、

$$y = \frac{a}{b}, \quad x = \frac{c}{b}$$

の 2 つの漸近線をもつ、直角双曲線となることがわかる。

図 1 は、男性に関して 30 歳から 90 歳まで、10 歳毎にこの比率を示している。図の横軸は身長であり、縦軸は  $VC_{\text{Baldwin}}$  の比、すなわち、 $VC_{\text{Baldwin}}/VC$  日本呼吸器学会の値である。

図 2 は、女性に関して 30 歳から 90 歳まで、10 歳毎にこの比率を示している。図 1 と同様に、横軸は身長、縦軸は  $VC_{\text{Baldwin}}$  の比率である。

表 1 は、両予測式が一致する身長を、年齢別に示したものである。すなわち、身長がこれらの身長値より高いじん肺有所見者にとっては、日本呼吸器学会の VC の基準値は Baldwin の VC の基準値より大きくなる。

表 1 日本呼吸器学会と Baldwin の予測式から得られる VC の基準値（正常値）が等しくなる身長

年齢	20	30	40	50	60	70	80
男性身長 (cm)	139	142	145	148	151	153	156
女性身長 (cm)	126	130	133	136	139	141	143

### VC 日本呼吸器学会と VC<sub>Baldwin</sub> とから求めた VC 基準値

図 3 に、日本呼吸器学会と Baldwin の 2 つの予測式から求められた、20 歳と 80 歳の男性の VC の基準値（正常値）を示す。横軸は身長、縦軸は VC の予測値である。20 歳の男性の場合、身長が高くなるに従って、Baldwin の予測式から求められた値に比べて日本呼吸器学会の予測式から求められた値が大きくなることわかる。180 cm では、812 ml 大きな予測値となる。80 歳の男性では、156 cm 付近を境に、それより身長が高ければ、日本呼吸器学会の予測式から求められた値が大きくなり、低ければ、Baldwin の予測式から求められた値が大きくなることわかる。図 4 に、女性の場合を示す。143 cm 付近で Baldwin の予測式から求められた値と日本呼吸器学会の予測式から求められた値が等しくなる点以外は、男性と同様な結果であることがわかる。

図 5 に、日本呼吸器学会と Baldwin の 2 つの予測式から求められた、180 cm と 140 cm の男性の VC の基準値（正常値）を示す。横軸は年齢で、縦軸は VC の予測値である。180 cm の男性の場合、30 歳で 783 ml、80 歳で 641 ml 日本呼吸器学会の予測式から求められた VC 値が大きくなることわかった。一方、140 cm の男性の VC の基準値は、180 cm の男性の場合に比べて差は小さく、Baldwin の予測式から求められた値が大きくなった。図 6 の女性の場合も男性と同様であった。

### VC 日本呼吸器学会と VC<sub>Baldwin</sub> とから求めた著しい機能障害の限界値

図 7 に、VC の基準値（正常値）の 60% を著しい機能障害の限界値とした場合の、日本呼吸器学会と Baldwin の 2 つの予測式から求められた、著しい機能障害があると判定される男性の限界値を

示す。図 5 の VC の基準値（正常値）と同様の傾向があること、さらに、簡単に換算することはできないことがわかる。図 8 の女性の場合も同様であることがわかる。

### 2. 1 秒率 (FEV<sub>1</sub>%) について

図 9 は、男性についてハンドブックに掲載されている 1 秒率の年齢別限界値と、日本呼吸器学会による年齢別 1 秒率予測値に、80% および 60% の重症度基準を想定して得られた値を示したものである。身長 180 cm を想定して、ハンドブックによる 1 秒率の基準値 (▲) と日本呼吸器学会の 1 秒率予測値の 80% を基準値とした場合を比較すると、従来の基準より大幅に“あまい”判定基準となることが分かった。日本呼吸器学会による 1 秒率予測値は、従来の基準値に比べて加齢による 1 秒率の低下が少ない。そのため、日本呼吸器学会による 1 秒率予測値の 60% を基準値とした場合は 50 歳未満ではハンドブックの従来の基準より厳しく、50 歳以上ではハンドブックの従来の基準より“あまい”基準となることがわかった。身長 140 cm を想定しても、ほぼ同様な結果となった。

女性について検討した結果を図 10 に示す。女性においても、日本呼吸器学会による 1 秒率予測値は、ハンドブックに掲載されている従来の 1 秒率の年齢別限界値に比べて、加齢による 1 秒率の低下が少ない。また、従来の 1 秒率の年齢別限界値は、日本呼吸器学会による 1 秒率予測値の 69 - 77% になることが分かった。

### 3. AaDO<sub>2</sub> について

図 11 にハンドブック式による基準値と (●)、日本呼吸器学会による AaDO<sub>2</sub> 予測値すなわち正常値 (グラフ下方の△◇○□) を示す。

日本呼吸器学会の予測値は男性では年齢による変化はわずかであるため、新たな基準値を「正常値よりも一定値以上増加」、すなわち日本呼吸器学会の予測値を上方に平行移動する方法で設定しても、ハンドブックの基準値の勾配には及ばないことが分かった。また、「正常値の2倍に増大する」ことに相当する日本呼吸器学会による予測値の2倍値（グラフ上方の△◇○□）も、ハンドブックの基準値よりも大きくかけ離れており、簡便な式によって日本呼吸器学会の予測値からハンドブックに掲載されている AaDO<sub>2</sub> の基準値を決定することはできないことが分かった。

## D. 考 察

### 1. %VC について

%VC は肺活量 (VC) の実測値の VC 基準値 (正常値) に対する比をパーセント表示したもので、

$$\%VC(\%) = \frac{VC \text{ の実測値}}{VC \text{ の基準値}} \times 100$$

と表示される。従って、VC を正確に測定すると共に、VC の基準値を正しく求めることが重要である。

Baldwin らの VC の基準値の予測式は、米国人の男性 52 名 (16~69 歳) と女性 40 名 (15~79 歳) を対象にして求められ、1948 年に発表された式である。この式は従来から日本で使用し続けられてきたもので、式中には年齢と身長積が含まれている。

1993 年に発表された、日本胸部疾患学会 (現在は日本呼吸器学会と改称) の VC の基準値の予測式は日本人を対象に求められたものであったが、Baldwin らの式の形式を踏襲したものであった<sup>18)</sup>。

1993 年の日本胸部疾患学会の VC の基準値 (正常値) の予測式

$$\text{男性 } VC(L) = (2.97 - 0.010 \times \text{Age}) \times \text{Ht}(m)$$

$$\text{女性 } VC(L) = (2.27 - 0.008 \times \text{Age}) \times \text{Ht}(m)$$

それに対して、相澤ら<sup>13)</sup> を含めて世界の多くの研究者から発表された式<sup>2), 5), 7), 9), 10), 20)</sup> は、年齢と身長積を含まず、年齢および身長に対する 1 次

式であった。このような事情を踏まえて、さらに多くの健康高齢者を対象に含めて、2001 年日本呼吸器学会から、年齢と身長積を含まない VC の基準値が発表された<sup>19)</sup>。

現在、日本呼吸器学会には、2001 年の式を各施設で使用するようすべきとの意見が専門委員会での大勢を占めている。その根拠は、Baldwin らの VC の基準値は、座高と下肢の長さの比など、日本人とは体格が異なる欧米人を対象に求められたものであること、上述の如く対象とした人数が少なく、特に高齢者の人数が著しく少ないこと、さらに現在とは異なる背臥位で測定されていたことなどが挙げられている。

そこで、本研究では、Baldwin らによる VC の基準値の予測式と 2001 年の日本呼吸器学会の VC の基準値の予測式に基づいた「著しい肺機能障害」の判定を比較検討の対象とした。

図 1 と図 2 に示す比が 1.0 であれば 2 つの予測式による基準値が一致することを示す。この比が 1.0 より大であれば Baldwin による基準値が日本呼吸器学会による基準値より大きいことを示す。すなわち日本呼吸器学会基準値に基づいて著しい障害、すなわち「%VC が 60% 未満」との限界値を新たに採用すると、著しい障害があると認定されるじん肺有所見者が少なくなることになり、現在の基準より“厳しい”基準が適応されることになる。逆に 1.0 より小さい場合は、日本呼吸器学会による基準値に基づいて著しい障害の限界値を設定すると、現在の基準より“あまい”基準が適応されることを示している。換言すれば、日本呼吸器学会による基準値に基づいて著しい障害の限界値を設定すると、身長の低い有所見者には現在の基準より“厳しく”なり、身長の高い有所見者には現在の基準より“あまく”なる。

一方、日本呼吸器学会基準値が正しい値であると考えると、身長の低い有所見者には、現在“あまい”が適応され、身長の高い有所見者には、現在“厳しい”基準が適応されていることがわかる。

診査の公平性という点からは、新規の申請者が過去の申請者よりも明らかに有利になったり、不利になったりすることは好ましくない。また、身

長、年齢の違いにより、有利になったり、不利になったりすることも好ましくない。

ハンドブックに示された「VC 基準値の 60%以下」という判定基準自体には明確な根拠が示されてはいない。したがって、肺活量の基準値には日本呼吸器学会による予測式を採択した上で「%VC が 60%未満の場合」の条項を改変する可能性も考慮し得る。

厚生労働省ホームページ<sup>14)</sup>によれば、平成 15 年度における日本人の年齢別平均身長は表 2 のごとくである

表 2 年齢区分毎の男女別平均身長

年齢 (歳)	男性 (cm)	女性 (cm)
20-29	171.0	158.2
30-39	170.8	157.7
40-49	170.2	156.2
50-59	166.2	153.7
60-69	163.5	150.5
70-79	160.5	147.1
80 以上	157.0	143.6

注：70-79 歳は補間法で算出

年齢区分毎の中央値の年齢と平均身長を、男女別に Baldwin らによる基準値（正常値）の予測式から求められた VC を日本呼吸器学会の VC の基準値の予測式から求められた VC で除して得られた比率が図 12 と図 13 である。男女ともじん肺の有所見者が多い 55 歳以上では、0.9 から 1.0 付近に分布することがわかる。じん肺有所見者群を日本人の平均的な身長で代表できると仮定すると、Baldwin らによる基準値（正常値）の予測式から求められた VC の 60%の代わりに、日本呼吸器学会の VC の基準値の予測式から求められた VC の 60%を用いると、女性の 80 歳以上を除いて、全年齢層でこれまでの基準値より“あまい”基準が適応され、若年者で著しく“あまく”なることが予想される。実際、VC については、中村および高橋<sup>17)</sup> はじん肺患者 469 人を対象に %VC が 60%以下の症例数を比較した結果、Baldwin の予測式では 99 人 (21.1%)、日本呼吸器学会の予測

式では 115 人 (24.5%) で、16 人の増加となったと報告している。じん肺認定では新規申請者が過去に申請した者に比べて不利益になる改定は好ましくない一方、予算措置等を伴うために徒に緩和されることも好ましくはない。さらに、若年者により基準が緩和される基準となれば、認定者の数は年を追うごとに累積してゆく結果になる。今回は、人口統計を元にシミュレーションを行ったが、さらに実際の申請者を対象に妥当性のある基準値を追究する必要がある。

Baldwin らによる基準値（正常値）の 60%に相当する値を、日本呼吸器学会の VC の基準値の予測式を用いて、VC の 60%に代わる値を、年齢、身長毎に設ける方法もあるかもしれない。たとえば、男性の 20 歳代では、60%の代わりに  $60 \times 0.88 = 51\%$ 、70 歳台では 0.95 等を用いる案である。この場合、新規の申請者が過去の申請者よりも有利になったり、不利になったりすることは避けられるが、実質、これまでと全く変わらないので、年齢、身長による不公平は是正できない。

一方、日本呼吸器学会の VC の基準値の予測式を用いて、じん肺の総補償総額を変えずに済む値、かつ、VC の 60%に代わる全年齢層に統一した値を探すとすれば、60%の 0.9 から 1.0 倍、言い換えれば、54%から 60%の間の値になると考えられる。この場合、身長、年齢による不公平は是正できるが、基準値の改正後は、新規の申請者が過去の申請者よりも有利になったり、不利になったりすることは避けられない。しかし、新規の申請者が有利になったり、不利になったりするのは、身長、年齢による不公平を是正するために生じることなので、致し方ないと考えられる。

## 2. 1 秒率 (FEV<sub>1</sub>%) について

FEV<sub>1</sub>%は肺活量 (slow vital capacity) を基準とする Tiffeneau の式と、努力性肺活量 (forced vital capacity) を基準とする Gaensler の式が存在するが、ハンドブックでは FEV<sub>1</sub>%の算出には Gaensler の式を用いることが規定されている (51 頁)。すなわち、FEV<sub>1</sub>%は下記の式によって求められる。

$$\text{FEV}_1\%(\%) = \frac{\text{1秒量}}{\text{努力性肺活量}} \times 100$$

1 秒率はじん肺による肺障害のうちの閉塞性変化を評価する指標と考えられる。ハンドブックでは著しい肺障害の基準値を年齢別の 1 秒率として示しているが、最近では、慢性閉塞性肺疾患の国際ガイドラインである GOLD のガイドライン<sup>6)</sup>あるいは日本呼吸器学会による慢性閉塞性肺疾患ガイドライン<sup>4)</sup>では、1 秒率は閉塞性障害の有無の判定にのみ用い、重症度は予測値に対する 1 秒量の比率によって評価されている。従って、今後は、『著しい肺機能障害がある』と判定するじん肺の基準に 1 秒率に代えて予測値に対する 1 秒量 (%FEV<sub>1</sub>) を加えることを検討する必要がある。

### 3. AaDO<sub>2</sub> の基準値

ハンドブックでは、前述したように著しい肺機能障害があると判定する AaDO<sub>2</sub> の値を男女共通の値として示してある。その点、血液ガスの正常値に関するこれまでの多くの報告<sup>3), 8), 11), 12), 21)</sup>と同様であるが、2001 年の日本呼吸器学会の AaDO<sub>2</sub> の基準値 (正常値) は男女別に記載されている。

動脈血ガス分析による AaDO<sub>2</sub> の計算は、%VC、1 秒率、 $\dot{V}_{25}$  が、「著しい肺機能障害がある」と判定する基準に達しなくても、呼吸困難の程度から、じん肺による著しい肺機能障害の疑いがあると認められる場合に実施すると規定されている。動脈血の採取が侵襲的で、簡便ではないこと、血液ガスの測定がどこでも実施できるわけではないこと、などが動脈血ガス分析を条件付きで実施する理由と考えられる。

最近では、技術革新によりパルスオキシメータの精度が高くなり、価格も安くなった。血液ガス測定装置に比べると、パルスオキシメータは非常に安価である。パルスオキシメータで求められる動脈血酸素飽和度 (SpO<sub>2</sub>) は、動脈血の酸素化の程度を表し、動脈血酸素分圧 (PaO<sub>2</sub>) と同様な意味を持ち、その測定は大変有意義であり、非侵襲的に何度も測定できる。そのため、呼吸不全患者に対する在宅酸素療法の適応の判定には、パルスオ

キシメータにより測定された酸素飽和度 (SpO<sub>2</sub>) も認められているが、じん肺有所見者には用いられていない。また、II 型の慢性呼吸不全の場合には、酸素分圧が低くても、AaDO<sub>2</sub> が増大せず、在宅酸素療法が適応されるじん肺有所見者であっても、「著しい肺機能障害」の判定基準に該当しない場合があり得る。

今後は、パルスオキシメータにより測定された酸素飽和度 (SpO<sub>2</sub>) を、じん肺の肺機能障害の判定のための指標に取り入れられるようにすべきと考えられる。その際、在宅酸素療法の基準に準じてじん肺の「著しい肺機能障害」の判定基準とする方法も一法と考えられる。

ハンドブックでは、耳朶からのガラス毛細管採血によって得られた血液のガス分析によって AaDO<sub>2</sub> を求めることが認められているが、これまでの報告<sup>15)</sup>でも指摘されているように、これは改めるべきと考えられる。ハンドブックでは「あらかじめ耳朶を加温し、摩擦して十分充血させたいえで耳朶を十分深く切開して自然に流出してくる血液は、前毛細管血液とみなされるので、動脈血として測定に供しうる。」としているが、多少の静脈血の混入を防ぐことができず、採血時に血液が空気に触れやすいなどの理由で、耳朶血を動脈血の代用とすることには限界がある。また、現在、成人に対して耳朶からのガラス毛細管採血法を実施している施設は皆無かそれに近いと考えられるので、耳朶血が動脈血の代用と認められなくなっても、影響は無視できると考えられる。

### E. おわりに

本研究ではじん肺による著しい肺機能障害の診査基準に、従来の Baldwin の式から日本呼吸器学会による予測式へ置き換えることが可能かシミュレーションを中心に検討した。

まず、「%VC (肺活量) が 60%未満」について考察すると、すべての年齢層において、Baldwin の基準値から日本呼吸器学会の基準値に変更すると男女ともに低身長者には基準がやや厳しくなる傾向があり、逆に高身長者では基準が“あまく”なることが予測された。そこで、「%VC が 60%

未満」の条項を改変する可能性を考慮して、日本人の年齢別平均身長を参考にシミュレーションを行ったところ、著しい肺機能障害があると判定される有所見者の割合を変更せずに済む値は 51～60%の間に存在する可能性が示唆された。

次いで、1 秒率 (FEV<sub>1.0</sub>%) の基準値について、男性で身長 1.8 m を想定して日本呼吸器学会の 1 秒率予測値の 80%を基準値とすると、従来の基準より大幅に“あまい”判定基準となるが、60%を基準値とすると 50 歳未満では厳しく、50 歳以上で“あまい”基準となることがわかった。身長 1.4 m を想定しても、ほぼ同じであった。最近では閉塞性換気障害の重症度は 1 秒率 (FEV<sub>1</sub>%) よりも予測値に対する 1 秒量 (%FEV<sub>1</sub>) で評価される傾向にあるため、今後は %FEV<sub>1</sub> についても検討する必要がある。

AaDO<sub>2</sub> (肺泡気動脈血酸素分圧較差) については、日本呼吸器学会予測値は男性では年齢による変化はわずかである。そのため、新たな基準値を日本呼吸器学会の予測値を上方に平行移動する方法で設定しても、正常値の 2 倍に設定しても、ハンドブックの基準値よりも大きくかけ離れており、簡便な式によって日本呼吸器学会の予測値から従来の認定基準と整合性のある AaDO<sub>2</sub> の基準値を決定することはできないと考えられる。

以上を踏まえた上で、今後の課題として検討を開始した内容は下記の 5 項目である。

1. 著しい肺機能障害に関する暫定基準値の作成
2. %1 秒量 (対予測値に対する 1 秒量実測値のパーセント) を新たな指標として導入することの検討
3. 著しい肺機能障害に関する暫定基準値と新たな指標を、じん肺有所見者のデータにより検証することの検討
4. パルスオキシメータなどによる評価の可否の検討
5. 著しい肺機能障害に関する新基準値の提案

#### F. 参考文献

1. Baldwin EF, Cournand A and Richards DW: Pulmonary insufficiency. I. Physiological

classification, clinic methods of analysis, standard values in normal subjects. *Medicine*, 27: 243-278, 1948.

2. Berglund E, Birath G, Bjure J, Grimby G, Kjellmer I, Sandqvist L and Soderholm B: Spirometric studies in normal subjects. I. Forced expirograms in subjects between 7 and 70 years of age. *Acta Med Scand*, 173: 185-192, 1963.
3. Conway CM, Payne JP and Tomlin PJ: Arterial oxygen tensions of patients awaiting surgery. *Brit J Anaesth*, 37: 405-408-1965.
4. COPD (慢性閉塞性肺疾患) 診断と治療のためのガイドライン第 2 版. 日本呼吸器学会 COPD ガイドライン第 2 版作成委員会. 日本呼吸器学会. 株式会社メディカルレビュー社. 2004 年 4 月.
5. European Community for Coal and Steel: Standardized lung function testing. Report Working Party. Ed by Ph H Quanjer. *Bell europ Physiopath resp*, 19 (suppl. 5): 1-95, 1983.
6. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. NHLBI/WHO workshop report. Bethesda, National Heart, Lung and Blood Institute, April 2001; Update of the Management Sections, GOLD website (<http://www.goldcopd.com>) . Date updated: July 2003.
7. Kory RC, Callahan R, Boren HG and Syner JC. The veterans administration-army cooperative study of pulmonary function. I. Clinical spirometry in normal men. *Am J Med*, 30: 243-258, 1961.
8. Mellemaard K: The alveolar-arterial oxygen difference: Its size and components in normal man. *Acta physiol scand*, 67: 10-20, 1966.
9. Needham CD, Rogan MC, McDonalds I:



- Normal standards for lung volumes, intrapulmonary gas-mixing, and maximum breathing capacity. *Thorax*, 9: 313-325, 1954.
10. Paoletti P, Pistelli G, Fazzi P, Viegi G, Di Pede F, Giuliano G, Prediletto R, Carrozzi L, Polato R, Saetta M, Zambon R, Sapigni T, Lebowitz MD and Giuntini C: Reference values for vital capacity and flow-volume curves from a general population study. *Bull Eur Physiopathol Respir*, 22:451-459, 1986.
  11. Raine JM and Bishop JM: A-a difference in O<sub>2</sub> tension and physiological dead space in normal man. *J Appl Physiol*, 18: 284-288, 1963.
  12. Sorbini CA, Grassi V, Solinas E and Muiesan G: Arterial oxygen tension in relation to age in healthy subjects. *Respiration*, 25: 3-13, 1968.
  13. 相澤好治、中村雅夫、宇垣公晟、影山浩、冬木俊春、千代谷慶三、佐々木英忠、大久保隆男：重回帰分析による肺機能検査予測式。日災医誌、44: 429-437, 1996.
  14. 厚生労働省平成 15 年国民健康・栄養調査報告 (<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou-chosa2-01/index.html>) 第 3 部 身体状況調査の概要 第 13 表 身長・体重の平均値及び標準偏差 (性・年齢階級別) (<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou-chosa2-01/pdf/05a.pdf>)
  15. 高齢者の肺機能に関する調査研究報告書。高齢者の肺機能に関する調査研究委員会 (相澤好治、阿部直、川城丈夫、木田厚瑞、工藤翔二、佐々木英忠、高崎雄司、西村正治、冬木俊春)。全国労働衛生団体連合会。2000 年 3 月。
  16. 滝島任、中村雅夫、千代谷慶三。じん肺症の呼吸機能障害。真興交易 (株) 医書出版部。東京。1985 年 5 月。
  17. 中村雅夫、高橋幸成。呼吸機能障害認定基準の問題ーじん肺法、身体障害者福祉法についてー。日本呼吸管理学会雑誌、12(2),159-167, 2002.
  18. 日本胸部疾患学会肺生理専門委員会：日本人臨床肺機能検査指標基準値。日胸疾会誌 31(3), 1993.
  19. 日本呼吸器学会肺生理専門委員会。日本人のスパイログラムと動脈血液ガス分圧基準値。日本呼吸器学会雑誌 39 巻末、2001.
  20. 花本澄夫、大杉隆史、露口泉夫、川幡誠一、木村謙太郎：日本人成人の肺機能正常値予測式：線形形式と指数形式。日胸疾会誌 30: 2051-2060, 1992.
  21. 山澤文裕、川城丈夫、横山哲朗、大塚宣夫：日本人健常高齢者の動脈血ガス諸指標値。日胸疾会誌、30: 430-434,1992.
  22. じん肺審査ハンドブック (改訂第 4 版)。労働省安全衛生部労働衛生課編。中央労働災害防止協会。1987 年 10 月。

日本呼吸器学会のVC基準値に対する  
BaldwinのVC基準値の比率

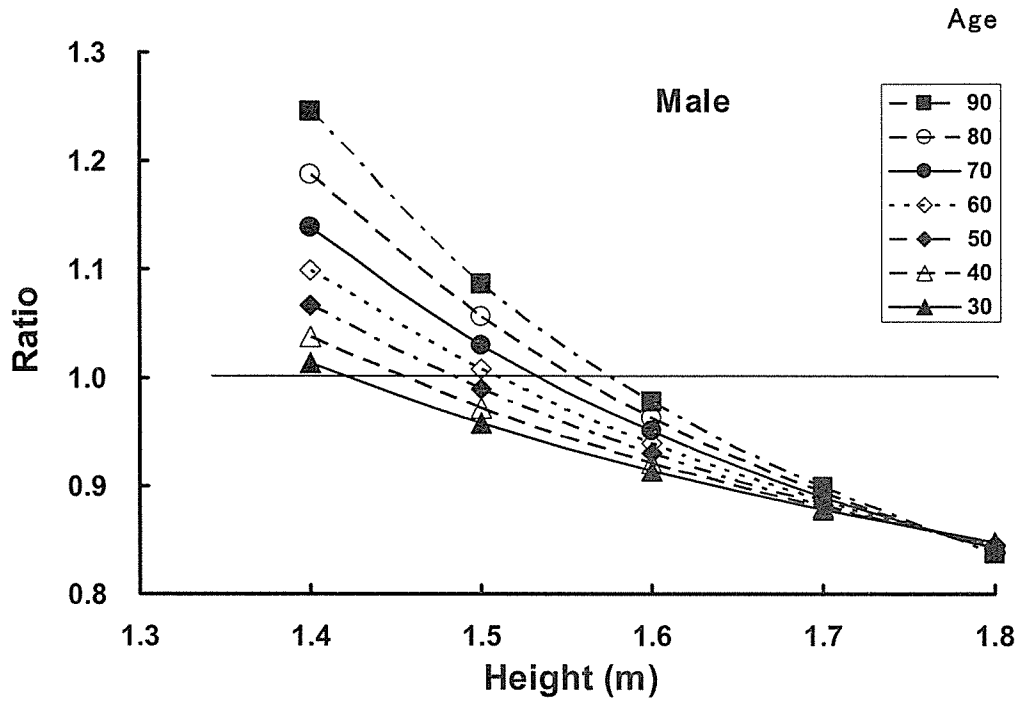


図 1

日本呼吸器学会のVC基準値に対する  
BaldwinのVC基準値の比率

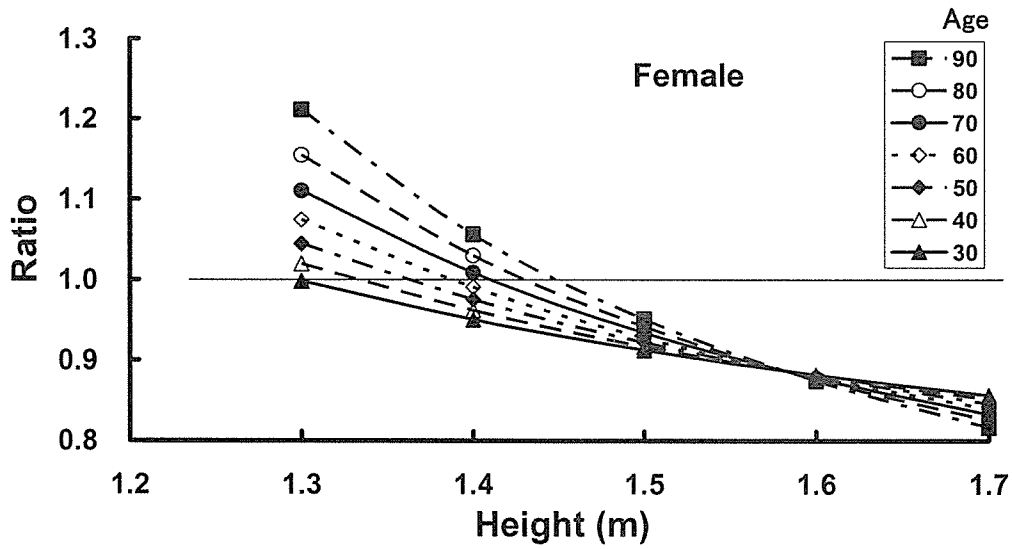


図 2

男性VC基準値 (日本呼吸器学会(JRS) vs. Baldwin)

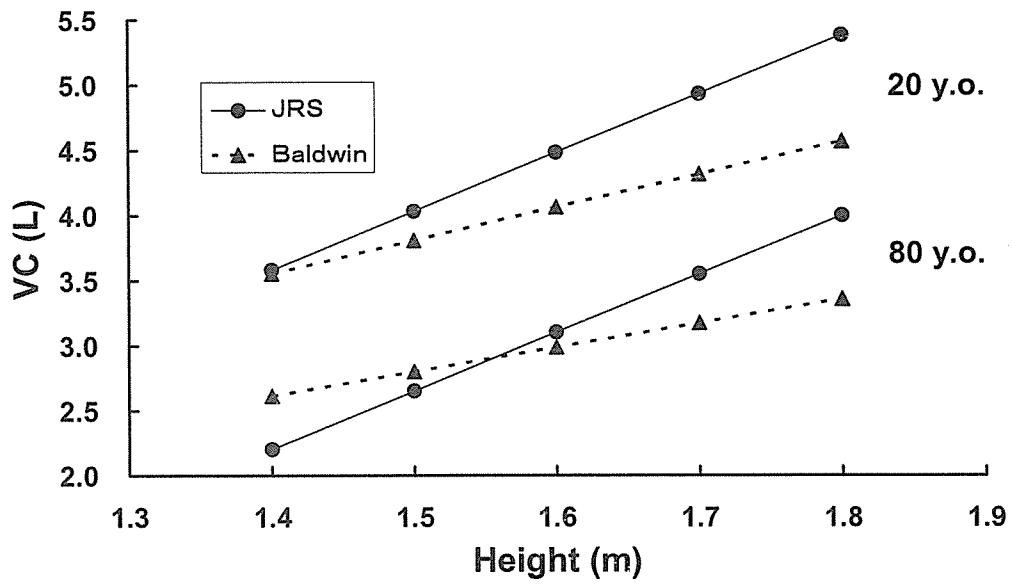


図 3

女性VC基準値 (日本呼吸器学会(JRS) vs. Baldwin)

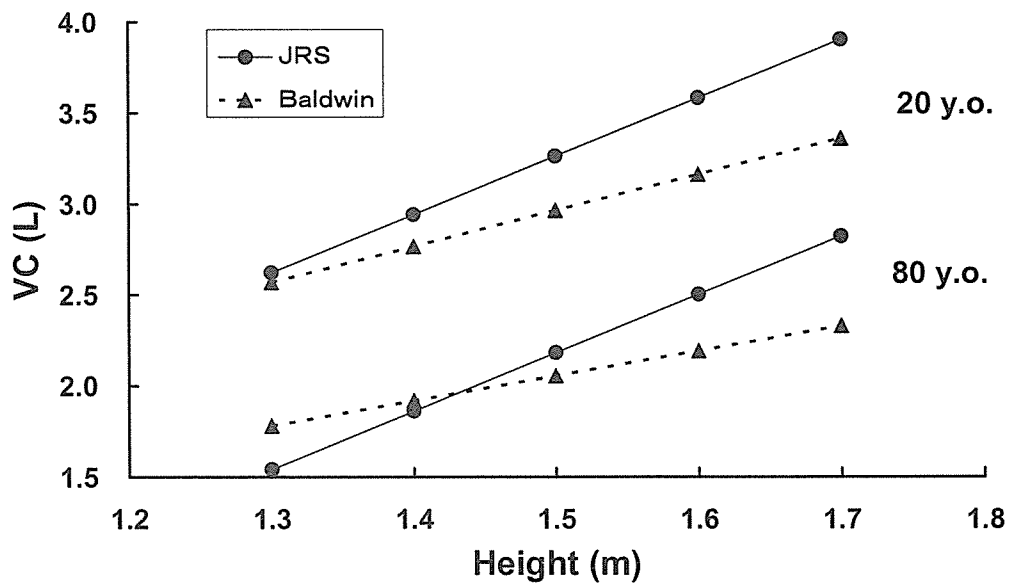


図 4

### 男性VC基準値 (日本呼吸器学会(JRS) vs. Baldwin)

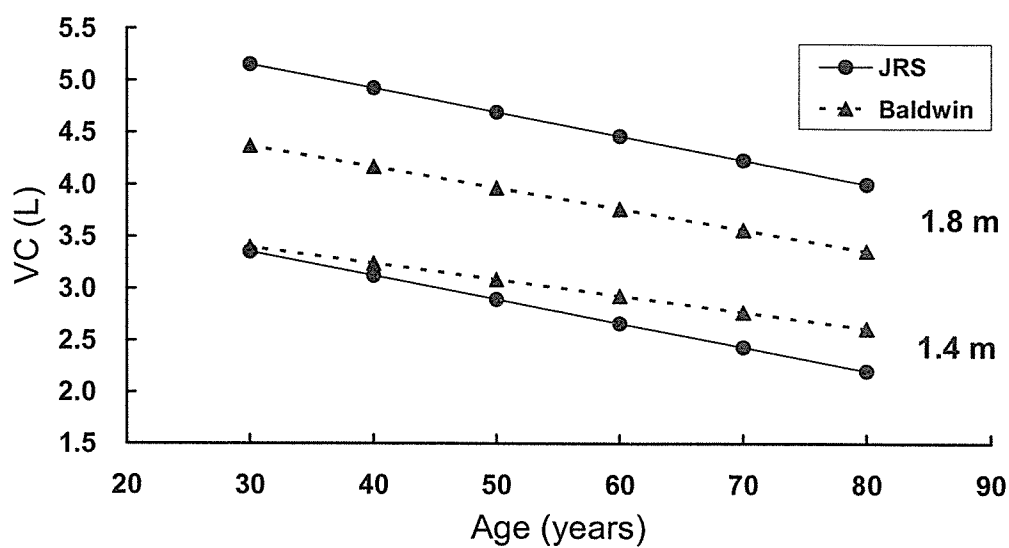


図 5

### 女性VC基準値 (日本呼吸器学会(JRS) vs. Baldwin)

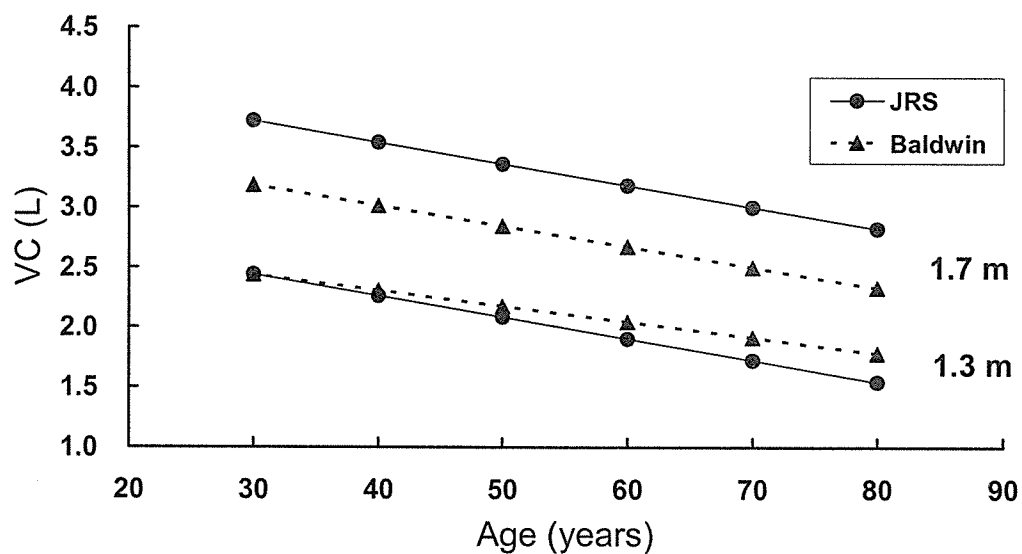


図 6