

Table 5 Error by Scan parameter

	内臓脂肪の面積 (cm ²)		誤差
	150mAs 2mm	50mAs 5mm	(50mAs 2mm) / (150mAs 5mm)
A	47.4	47.8	1.01
B	52.7	51.8	0.98
C	65.0	64.6	0.99
D	74.0	74.0	1.00
E	106.6	102.0	0.96
F	132.2	130.1	0.98
G	132.6	133.8	1.01
H	135.6	135.2	1.00
I	206.5	201.9	0.98
J	244.1	234.3	0.96

* 職員ボランティア10名にて撮影パラメータを変更し測定

Table 6 Error by breathing

	内臓脂肪面積 (cm ²)					平均値	標準誤差
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目		
A	67.0	67.6	64.6	64.7	66.5	66.1	1.4
B	74.7	76.9	74.0	75.8	75.3	75.3	1.1
C	85.3	85.0	85.2	85.0	85.1	85.1	0.1
D	98.0	104.1	98.3	102.5	101.2	100.8	2.6
E	135.2	137.4	134.4	135.6	135.8	135.7	1.1
F	136.4	136.9	135.0	136.1	135.7	136.0	0.7
G	152.3	152.6	149.8	149.7	151.6	151.2	1.4
H	213.7	214.0	201.9	207.8	205.3	208.5	5.3
I	217.3	217.4	213.7	215.8	216.3	216.1	1.5
J	352.5	354.8	348.1	351.2	352.1	351.7	2.4

* 職員ボランティア10名にて5回測定 (撮影条件: 120kV, 50mAs, 5mmスライス)

基準撮影条件の約 1/3 に低減した。次に、撮影条件と呼吸による誤差であるが、誤差は最大 4.0 %、平均すると 2.0 % 以内となった。また、「肥満症」[12] や「メタボリックシンドローム」の診断基準 [13] の一つになっている“内臓脂肪面積 100 cm²”前後での測定誤差は最大 2.6 cm² (誤差率 2.5%) であった。これらを総合的に判断すると、120 kV, 50 mAs, スライス厚 5 mm は臨床検査において検査精度

に支障をきたさないレベルであると考えられた。

今回、内臓脂肪検出ソフトとして日立メディコ社製 fat Pointer を用いたが、他のソフトウェアの検出精度も同等であるとの報告 [9] もあることから他のソフトウェアを用いても同様の結果が得られると推測される。しかし、CT 装置に関しては mAs 値を一定にしても CTDI_w 値が異なると報告されている。その

ため、全施設で適応可能とするには最適なCTDI_w値を決定することが重要であると考えられる。

日本肥満学会の肥満症治療ガイドライン2006 [24] の中で、腹部CT検査時の注意点があげられているが、これによるとmAs値は400 mAsとされている。しかし、この撮影条件では日本放射線技師会が公開している「医療被ばくガイドライン(低減目標値)」[19]に掲載されている腹部CTのガイドライン値である11 mGy (CTDI_{100,c})を大きく超えてしまう(当施設換算で約15 mGy)ことが想定されるため、ガイドライン値内となる条件で検査することが望ましい。最適なmAs値としては、健診などのスクリーニング検査では、内臓脂肪面積が100 cm²を超えているかどうかが一番重要であり、明らかに内臓脂肪面積が100 cm²を超えている肥満型に対する精度をほとんど考慮する必要がない[7-8]ことから50mAs程度が、精密なデータを要する医療機関での検査においては肥満型でも精密なデータが得られる100-200 mAs程度での撮影が望ましい。また、スライス厚に関しても5 mm以上10 mm以下とされているが、スライス厚が厚くなるほど血管や臓器周囲に存在する脂肪を正確に抽出できないおそれがあり、スライス厚は5mm以下が望ましいが、スライス厚を薄くしすぎると逆にノイズ(SD)が増加し撮影条件を上げざるを得なくなるため、スライス厚は5 mm程度が妥当であると考えられる。

日本放射線技師会では「放射線診療における線量低減目標値-医療被ばくガイドライン2006-」[25, 26]を提示した。ここで腹部のCT検査における被ばく線量の低減目標値は20 mGy (CTDI_{vol}: CTDI_{vol}=CTDI_w/Pitch)となったが、これは検出器の多列化により情報量と共に被ばく線量が増大したものを反映したもので、内臓脂肪型肥満検査のように1断面(1画像)にて診断可能な検査では従来の低減目標値を採用することが望ましいと考えたため、今回は従来のガイドライン値を採用し検討を行った。しかし、今後ボリュームデータを用いた内臓脂肪の解析などが普及する場合には検討が必要となる。いずれにしても、2008

年より生活習慣病予防の徹底を図るため、健診・保健指導が義務付けられることからCTを用いた内臓脂肪型肥満検査が増加することも想定されることから、学会などが積極的に調査を行い、定期的に検査のガイドラインを改定する必要がある。

最後になるが、我々が被検者に対し放射線を医療に用いる際には、科学的根拠に基づく医療の実践により、その正当化、放射線防護の最適化、ならびに有益な医学的情報が得られる範囲で出来る限り低い線量に抑えなければならない。そのため特に新しい技術(ソフトウェア・モダリティ)などを用いる場合には性能評価を行い、十分吟味したうえで最適な撮影条件を決定することが重要である。今回は当施設における撮影条件について検討したが、CTは機種によっても被ばく線量やCTDI値が違うことが報告されているため[21, 27]、多施設のデータを調査しCTを用いた内臓脂肪型肥満検査のCTDI_w値のガイドラインを決定したい。また、ノイズを低減させるためのフィルター(平坦化处理など)について検討するとともに、内臓脂肪の検出精度を向上させるためにソフトウェアのアルゴリズムの検討も行い、医療の質を担保したうえで、出来る限り被ばく線量の低減を図りたい。

【まとめ】

当施設におけるCTを用いた内臓脂肪型肥満検査の最適な撮影条件を決定すべく、ファントム評価ならびに臨床評価を行った。その結果、健診などのスクリーニング検査においては120 kV, 50 mAs, スライス厚5 mmが、病院などにおける精密検査においては被ばくガイドライン値以内となる120 kV, 200 mAs以下、スライス厚5 mmによる撮影が望ましいと考えた。

【参考文献】

- [1] 徳永勝人, 他: ヒト肥満症の脂肪組織に関する研究-CT スキャンによる脂肪組織の測定. 肥満研究 1983; 2: 144-145
- [2] Tokunaga K, et al: A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. Int J Obes 1983; 7:

437-445

[3] Fujioka S, et al: Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 1987; 36: 54-59

[4] Nakamura T, et al: Contribution of visceral fat accumulation to the development of coronary artery disease in non-obese men. *Atherosclerosis* 1994; 107: 239-246

[5] Yoshizumi T, et al: abdominal fat: Standardized technique for measurement at CT. *Radiology* 1999; 211: 283-286

[6] 善積 透, 中村 正, 高橋雅彦, 他: CT による腹部脂肪分布評価法の普及を目指して. *肥満研究* 2000; 6: 81-87

[7] 山本修一郎, 中川 徹, 草野 涼, 他: 内臓脂肪面積自動診断ソフトの開発と初期使用経験. *MEDIX* 2004; 41: 15-20

[8] 山本修一郎, 中川 徹, 草野 涼, 他: 胸部 CT 検診受診者を対象とした腹部内臓脂肪面積測定. *胸部 CT 検診研究会* 2005; 12 (2): 200-205

[9] 日本放射線技術学会編: 日本放射線技術学会第 61 回総合学術大会予稿集, 東京: 日本放射線技術学会雑誌; 2005

[10] 日本肥満学会編: 第 26 回日本肥満学会プログラム・抄録集, 東京: 肥満研究; 2005

[11] 吉池信男, 西 信雄, 松島松翠, 他: Body Mass Index に基づく肥満の程度と糖尿病, 高血圧, 高脂血症の危険因子との関連—他施設共同研究による疫学的検討—. *肥満研究* 2000; 6: 4-17

[12] 松澤佑次, 井上修二, 池田義雄, 他: 新しい肥満の判定と肥満症の診断基準. *肥満研究* 2000; 6: 18-28

[13] メタボリックシンドローム診断基準検討委員会: メタボリックシンドロームの定義と診断基準. *日内誌* 2005; 94: 794-809

[14] Gonzales AB, Darby S: Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363: 345-351

[15] 中村仁信, 石口恒男, 大野和子, 他: 小児 CT ガイドライン—被ばく低減のために—. *日本放射線技術学会雑誌* 2005; 61 (4): 493-495

[16] Slovis TL, Hall ET, Huda W, et al: ALALA Conference Executive Summary. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 221

[17] Feigal DW: FDA Public Health Notification: reducing radiation risk from computed tomography for pediatric and small adult patients. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 314-316

[18] ICRP Pub. 87: CT における患者線量の管理, 初版, 東京: 日本アイソトープ協会, 2004

[19] 日本放射線技師会医療被ばくガイドライン委員会: 医療被ばくガイドライン—患者さんのための医療被ばく低減目標値—. 初版, 東京: 医療科学社, 2002

[20] 鈴木昇一, 折戸武郎, 古河佑彦, 他: CT 検査における被ばく線量の研究—CT 検査の患者被ばく線量—. *医科機械学* 1998; 68 (3): 100-104

[21] 山本賢二, 安藤隆, 赤沢宏: X 線 CT 装置の吸収線量測定—各機種間における CTDI の比較検討—. *日本放射線技術学会雑誌* 2002; 58 (4): 495-501

[22] 日本放射線技術学会: 臨床放射線技術実験ハンドブック 上巻, 初版, 東京: 通商産業研究社, 1996

[23] 前越久 編著: 医療被曝測定セミナーテキスト, 日本放射線技術学会中部部会・計測分科会, 1998

[24] 肥満症治療ガイドライン作成委員会: 肥満症治療ガイドライン 2006. *肥満研究* 2006; 12: 10-15

[25] 日本放射線技師会医療被ばくガイドライン策定委員会: 放射線診療における線量低減目標値—医療被ばくガイドライン 2006—. *初日本放射線技師会雑誌* 2006; No. 649: 17-30

[26] 日本放射線技師会医療被ばくガイドライン策定委員会: 放射線診療における線量低減目標値—医療被ばくガイドライン 2006—. *初日本放射線技師会雑誌* 2007; No. 651: 33-46

[27] 西澤かな枝, 和田真一, 岡本英明, 他: 測定. 日本CT検診学会雑誌 2006; 13 (1):
MDCTによる胸部CT検診時の受診者の線量 39-40

Most suitable scan parameter of visceral fat with computed tomography

Yoshiyuki Kawasaki^{*1}, Kouichirou Takada^{*1}, Kumiko Matsumoto^{*1}, Toshimitsu Kobayashi^{*1},
Kazuhiko Sato^{*1}, Kazuya Sukegawa^{*1}, Hitoshi Imura^{*1}, Syuuichirou Yamamoto^{*1},
Suzushi Kusano^{*1}, Toru Nakagawa^{*1}, Kuniyoshi Nakashima^{*2}, Takayuki Kadomura^{*2}, Yoshihiro
Gotou^{*2}

^{*1}Hitachi Health Care Center

4-3-16, Ouse-machi, Hitachi-shi, Ibaraki, MN317-1176

e-mail:zenkou@d3.dion.ne.jp

^{*2}Hitachi Medical Corporation

[summary]

The metabolic syndrome is closely associated with coronary artery disease, and the syndrome is suggested to be based on visceral fat accumulation. Therefore, estimating the amount of visceral fat is important. There is such a background, and institutions enforcing measurement system for visceral fat with computed tomography increase. However, scan parameter is not unified, and there is an institution irradiating doses of radioactivity more than a guideline value. We performed various experiments to decide most suitable scan parameter. As a result, 120kV-50mAs-5mm thickness was most suitable for screening and 120kV-200mAs-5mm thickness was most suitable in precision inspection.

Key words: Scan Parameter, Visceral Fat, Computed Tomography (CT), Computer Aided Diagnosis (CAD)

J Thorac CT Screen 2007;14:198-207

胸部CT検診画像を用いた 骨粗鬆症診断支援の提案 ～すかさか度 (SS) の提案～

川崎 善幸^{*1}, 高田光一郎^{*1}, 松本久美子^{*1}, 小林 俊光^{*1}, 佐藤 和彦^{*1},
助川 和也^{*1}, 井村 等^{*1}, 山本修一郎^{*1}, 草野 涼^{*1}, 中川 徹^{*1},
窪木 洋一^{*2}, 中野 修生^{*2}, 中村英一郎^{*3}, 中島 邦佳^{*4}, 角村 卓是^{*4},
後藤 良洋^{*4}

^{*1} 日立製作所 日立健康管理センター
(〒317-0076 茨城県日立市会瀬町 4-3-16)

e-mail: zenkou@d3.dion.ne.jp

^{*2} 日立製作所 水戸総合病院

^{*3} 産業医科大学 整形外科

^{*4} 日立メディコ 技術研究所

技術

胸部 CT 検診画像を用いた骨粗鬆症診断支援の提案

～すかすか度 (SS) の提案～

川崎 善幸^{*1}, 高田光一郎^{*1}, 松本久美子^{*1}, 小林 俊光^{*1}, 佐藤 和彦^{*1},
 助川 和也^{*1}, 井村 等^{*1}, 山本修一郎^{*1}, 草野 涼^{*1}, 中川 徹^{*1},
 窪木 洋一^{*2}, 中野 修生^{*2}, 中村英一郎^{*3}, 中島 邦佳^{*4}, 角村 卓是^{*4},
 後藤 良洋^{*4}

【要旨】

本邦では高齢化社会に伴い骨粗鬆症の罹患率も増加している。しかし、骨粗鬆症検診は十分に機能していないのが現状である。そこで受診者数が急増している胸部 CT 検診に着目し、日立メディコと共同し胸部 CT 検診画像を用いた骨粗鬆症解析ソフトを開発した。胸部 CT 検診を受診した女性 1069 名 (56.1±4.7 歳) を対象として、骨密度を同時計測した女性 104 名 (56.6±8.6 歳) を対象に解析ソフトの成績と橈骨骨密度 (DXA) とを比較した。その結果、骨密度と中等度の相関関係が認められた。胸部 CT 検診画像から肺野や縦隔病変以外に骨粗鬆症の評価を行うことは、CT 画像の有効活用に繋がると考えられた。

キーワード： 胸部 CT 検診, CT 画像, 骨粗鬆症, 骨密度, コンピューター支援画像診断
 J Thorac CT Screen 2007;14:208-214

【はじめに】

本邦における高齢化は世界に類のないスピードで進行しており、2025 年には国民の 25 % が 65 歳以上という超高齢社会が到来すると予想されている。骨粗鬆症も高齢社会の進展と共に増加し、その数は現時点で 1,000 万人と推測されている [1-4]。骨粗鬆症を早期に診断し、適切な治療を行うことが重要となるが、骨粗鬆症の二次予防となる検診を受診する割合は低く、効率的な検診が行われていない

[5, 6]。そのため、近年受診者数が急増している胸部 CT 検診に着目し、胸部 CT 検診における CT 画像を用い、骨密度の推定が可能であるか検討した。

【すかすか度 (SS) 計測ソフトの開発】

正常な場合と骨粗鬆症の場合の脊椎断面図を Fig. 1 に示す。正常な場合は海綿骨が密に走っているが、骨粗鬆症の場合では海綿骨が疎になっている。つまり正常である脊椎の海綿骨は平均 CT 値が高く、海綿骨の低濃度部の領域が狭いが、骨粗鬆症では平均 CT 値は低く、海綿骨の低濃度部分の領域が大きくなると考えられる (Fig. 2)。そこで、海綿骨領域の平均 CT 値が低いほど、低濃度部の領域が広いほど骨粗鬆症が進行していると仮定し、CT 画像の海綿骨領域の平均 CT 値と、内部に見られる微細な低濃度領域の面積を計測することによ

^{*1} 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:zenkou@d3.dion.ne.jp
^{*2} 日立製作所 水戸総合病院
^{*3} 産業医科大学 整形外科
^{*4} 日立メディコ 技術研究所

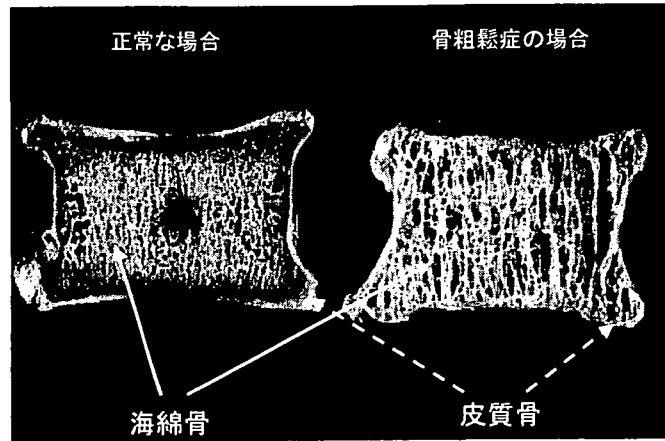


Fig.1 Cross section of the backbone (normal and osteoporosis)

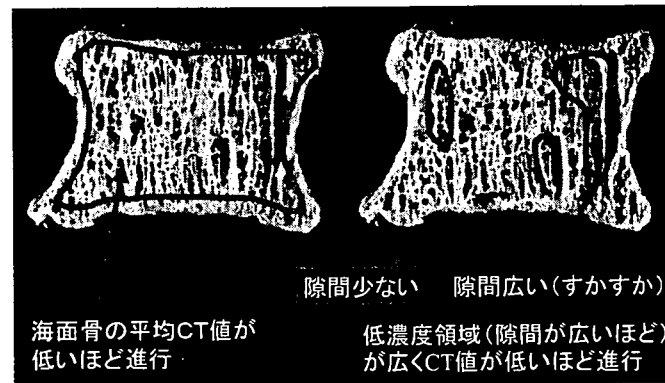


Fig.2 Method of an osteoporosis estimate

り、脊椎骨粗鬆症の進行度を反映すると思われる“すかすか度 (SS)” が得られるのではないかと考えた。そこで骨粗鬆症の進行度を画像濃度から推定するために、日立メディコと共同しすかすか度 (SS) 計測ソフトを開発した。

アルゴリズムの概要を Fig. 3 に示す。すかすか度 (SS) は $SS = ((RLO \times RL90 \times \Delta CT) \div (A \times (CT_{av} - CT_s))) \times 1000$ と定義した。ここで、 CT_{av} は海綿骨領域のみの平均 CT 値、 CT_s は実験値で 90、 ΔCT は CT_{av} 値より小さい微細領域の平均 CT 値と CT_{av} との差、 $RLO, RL90$ はそれぞれ上記微細領域の直交する二方向のランレングスの平均値、 A は海綿骨領域のみの面積である。CT の原画像と微細領域の抽出結果の一例を Fig. 4 に示す。

操作は非常に簡便で、胸部CT検診画像を DICOM形式で取り込み、演算開始ボタンを押す

と自動で解析することができる。自動解析の流れとしては、CT画像より胸椎骨領域の解剖学的な位置情報と経験的に得たしきい値から胸椎骨領域を抽出し、次に胸椎骨領域をROIとして横軸をCT値、縦軸を出現頻度としたヒストグラムを作成し、ヒストグラムのピーク値を与えるCT値を求める。海綿骨を抽出するためのしきい値は多数のCT画像データから経験的に求めた計数とピーク値を与えるCT値を変数とした一次関数を作成し、しきい値を決定した。このしきい値を用いてROI内の高濃度部分を除去し、海綿骨領域を残す手法を採用した。なお、椎間板部分のみのスライスには、海綿骨の抽出が不可能なため除外し算出している。この除外処理は、対象画像の上下数スライスにおける抽出面積と比較して、50%より小さい場合は抽出失敗と判断し除外している。

言葉の定義であるが、微細領域とは、海綿

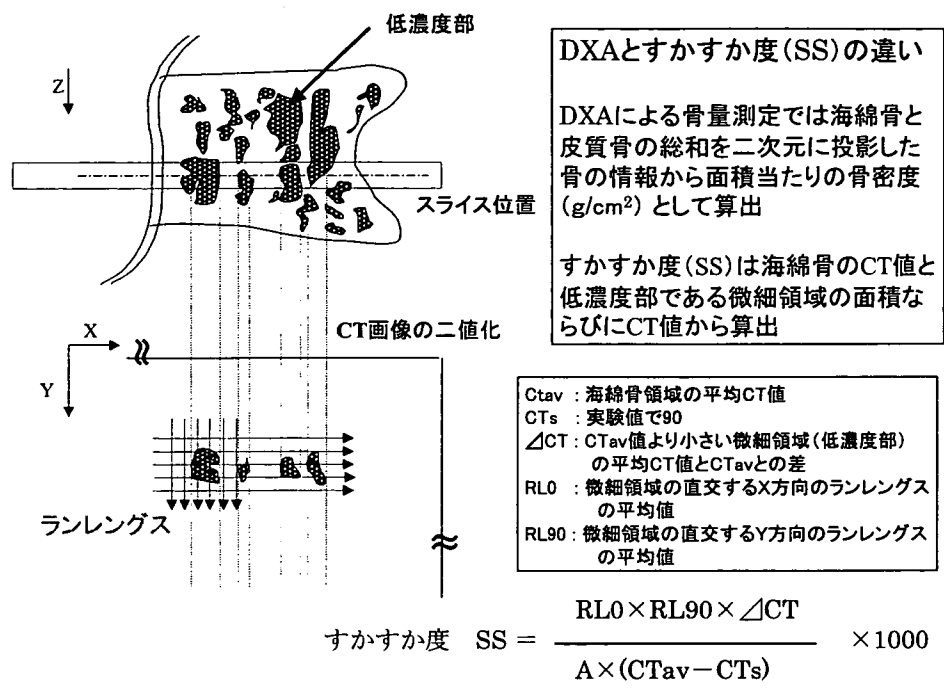


Fig. 3 Algorithm of analysis software

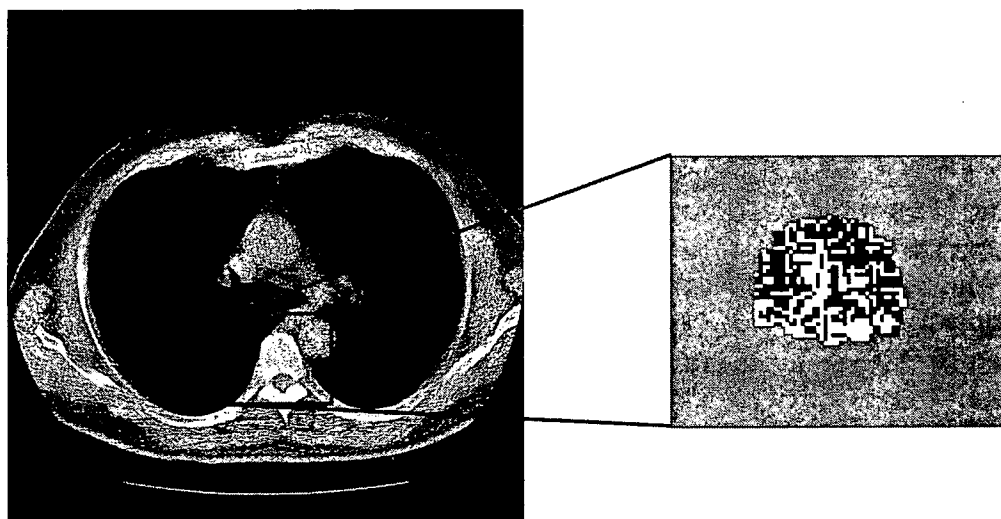


Fig. 4 Result of minute domain extraction

骨領域の平均値をしきい値とし、しきい値以下の多数の小さな領域が現れる領域のことである。ランレングスとは同じ範囲内の濃度が連続する長さのことで、RL0, RL90はこの微細領域のX, Y軸方向における同じ範囲内の濃度が連続する長さ (画素数) の平均値である。

つまりRL0, RL90を乗ずることにより微細領域の面積を近似することができる。また、直接微細領域の面積を求めなかった理由としては、複数の微細領域が存在する海綿骨と同面積の微細領域が一つだけ存在する場合は骨の強度が違うためである [7]。

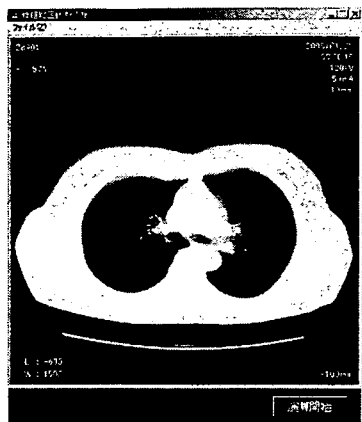


Fig. 5 Measurement screen

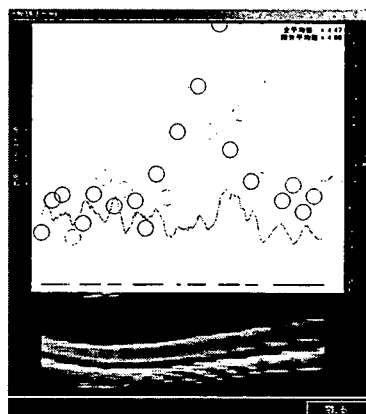


Fig. 6 Analysis result

【方法ならびに対象】

1) 年齢とすかすか度 (SS) の関係

1998年に日立健康管理センタにて胸部CT検診を施行した女性1069名(34~71歳, 平均年齢56.1±4.7歳)について解析し, 年齢とすかすか度(SS)の関係について検討した。

2) 橈骨骨密度とすかすか度 (SS) の関係

2004年に水戸総合病総合健診センタにて胸部CT検診と橈骨骨密度検査(DXA)を施行した女性104名(34~74歳, 平均年齢56.6±8.6歳)のデータを解析し, 橈骨骨密度とすかすか度(SS)の関係について検討した。

なお, 今回の検討の際に使用したCTの撮影条件は120 kVp, 50 mA, 10 mmスライス, ヘリカルピッチ2, 1rotation/sec, 画像再構成間隔10 mmで, 群間比較のための統計学的検定には χ^2 -検定(χ^2 -test)を用いて行った。

【結果】

1) ソフトの解析結果

開発したソフトの計測画面と解析結果をFig. 5, 6に示す。○印は各スライスのすかすか度(SS)を, 実線は各スライスにおける海綿骨領域の平均CT値(CTav)を表しており, 撮像範囲のすかすか度(SS)の平均値が画面右上に表示される。このすかすか度(SS)が高いほど骨粗鬆症の可能性が高くなる。

2) 年齢とすかすか度 (SS) の関係

年齢とすかすか度(SS)の平均値の関係を示したグラフをFig. 7, 8に示す。加齢と共にすかすか度が上昇し, ばらつきも大きくなっていることがわかる。年代別にみると顕著で, 年齢が高くなるにつれすかすか度(SS)の平均値とばらつきが共に大きくなる。これらのすかすか度(SS)の平均値は各年代間において有意差が認められた($P < 0.01$)。

3) 橈骨骨密度とすかすか度 (SS) の関係

橈骨骨密度とすかすか度(SS)の平均値との関係をFig. 9に示す。橈骨骨密度とすかすか度(SS)の平均値は中等度の負の相関($r = -0.61$)が認められた。橈骨骨密度検査(DXA)にて正常, 骨量減少傾向, 要医療と判断された場合のすかすか度(SS)は1.44~4.55, 2.26~5.88, 3.01~8.14となり各群間に有意差が認められた($P < 0.01$)。これらの代表的な解析結果ならびに腰椎CT断面図をFig. 10に示す。正常者は骨密度が高く, すかすか度(SS)の平均値が低く, 腰椎CT断面図の海綿骨が緻密であるが, 要医療になるにつれ骨密度は低く, すかすか度(SS)の平均値は高く, 腰椎CT断面図の海綿骨が疎になっていることがわかる。これはCTの再構成画像(矢状面)の椎体を見ても明らかで, 要医療になるにつれCT値の減少に伴い椎体の濃度が低下(黒化)していることから判断できる。

【考察】

今回, 我々がすかすか度(SS)を検討した

背景には、骨粗鬆症検診が効率的に行われていない現状を打破すべく、胸部CT 検診画像にて代用可能か検討したものである。つまり、海綿骨の CT 値と低濃度部である微細領域から骨粗鬆症の進行度を反映すると思われる新

たな特徴量である“すかすか度 (SS)”の提案である。

このすかすか度 (SS) は加齢と共に平均値とばらつきが大きくなり、すかすか度 (SS) の平均値と橈骨骨密度には中等度の負の相関

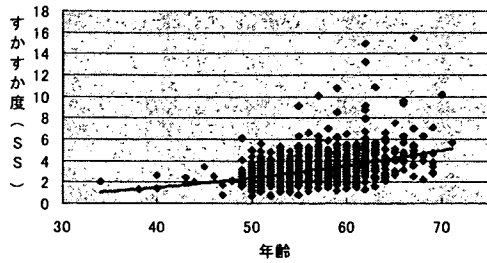


Fig. 7 Relationship between age and “SS”

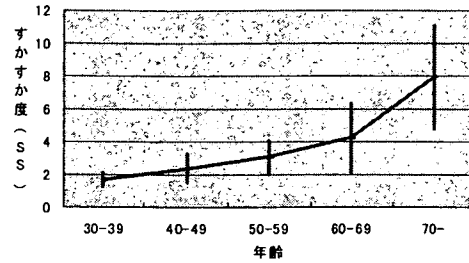


Fig. 8 Relationship between age and “SS” (mean and standard deviation)

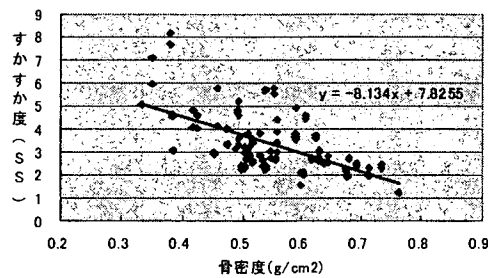


Fig. 9 Relationship between bone mineral density and “SS”

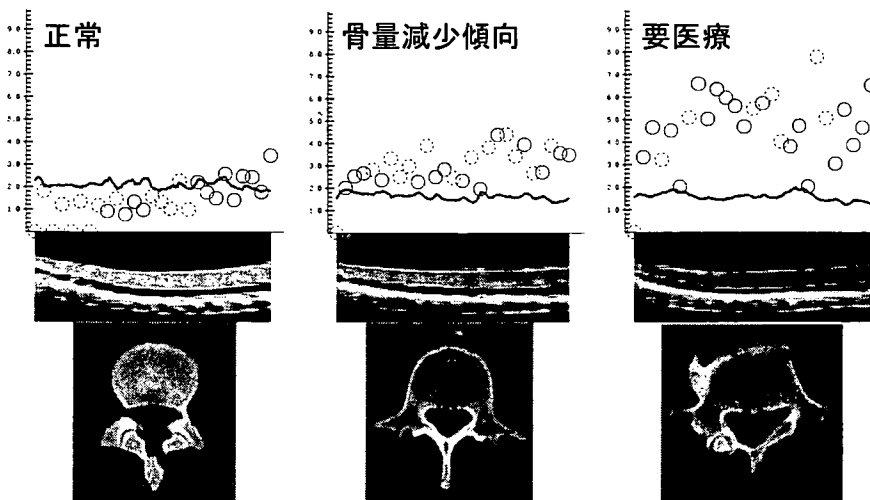


Fig. 10 Relationship between bone mineral density and “SS” (The case presentation of normal, osteopenia and osteoporosis)

が認められた。これらの結果より、胸部 CT 画像より骨粗鬆症の進行度推定の可能性が示唆された。

骨粗鬆症による脊椎や大腿骨頸部骨折は高齢者の自立機能を障害し、寝たきりの原因となり、生活の質 (QOL) を低下させる要因となる [1, 2, 5, 8]。そのため骨粗鬆症をできるだけ早期に診断し、適切な治療を行い脊椎や大腿骨頸部骨折を予防することが極めて重要となる。しかし、骨粗鬆症検診を受診している割合は少ないため、近年受診者数が急増しなおかつ定期的に受診する頻度が高いと報告されている胸部 CT 検診の CT 画像を用い、“すかすか度 (SS)” を解析することは重要である。特に骨粗鬆症になりやすいと報告されている高齢者や閉経後である女性の骨量減少の割合を把握するために有用と考える。そのため胸部 CT 検診受診者に対し、肺野や縦隔以外に骨粗鬆症の評価を行うことは重要であり、CT 画像の有効活用に繋がる。

これまでに CT を用いた骨粗鬆症診断支援に関する様々な報告があるが、これらは海綿骨の CT 値から骨塩量を推定する手法をとっている [7, 10, 11, 12, 13]。この場合、骨化 (石灰化) した脊椎は正常と判断されてしまう可能性があるため、海綿骨の CT 値に加え微細領域の情報を加味したすかすか度 (SS) を提案した。今回提案するすかすか度 (SS) は、胸部 CT 検診画像に対し使用を検討したものであり、過去の報告に対し優位性を強調するものではないが、今後はこれら報告との関連性や優位性についても検討したい。

現在、腰椎 DXA による骨密度が基準とされているのは、脊椎骨骨折と最も関連し、薬物などの影響を鋭敏に反映するため治療効果判定にも適応され最も広く測定の対象となっているからである。しかし、変形性脊椎症や大動脈石灰化の影響が除外できないという問題点を抱えている [9]。今回検討したすかすか度 (SS) のアルゴリズムは海綿骨から解析するものであり、これらの影響を受けることがないことから骨粗鬆症診断支援の一助になりえる可能性を秘めていると考える。

今回は橈骨骨密度と比較したが、ゴールド

スタンダードである腰椎や大腿骨骨密度と比較し、骨密度における若年成人平均骨密度 (YAM) に相当する値などについて検討したい。また、今回は胸部 CT 検診画像の全スライスを用い解析したが、解析範囲によってはすかすか度 (SS) の値が変化すると考えられる。特に、骨密度は荷重骨で計測することが望ましいと報告されていることから、下部胸椎の方がより相関が高いと考えられるため、解析する領域の範囲についても検討すると共に、CT 画像のノイズが多く、スライス厚が厚いほどすかすか度 (SS) の値が正確に得られない可能性があるため、CT の撮影条件がすかすか度に及ぼす影響についても検討したい。

文 献

- [1] 折茂 肇: 骨粗鬆症の啓発が急務, 香西義雄, 骨粗鬆症学, 初版, 大阪: 日本臨牀; 2004: 1-6
- [2] 森井浩世: 高齢化時代と骨粗鬆症の取り組み, 香西義雄, 骨粗鬆症学, 初版, 大阪: 日本臨牀; 2004: 9-12
- [3] 厚生労働省 (監): 平成 14 年度版 厚生労働白書
- [4] 内閣府: 平成 15 年版 高齢社会白書
- [5] 吉村紀子, 坂田清美: 一次予防としての骨量測定—骨粗鬆症検診の意義—, 香西義雄, 骨粗鬆症学, 初版, 大阪: 日本臨牀; 2004: 267-272
- [6] 橋本勉, 森田陸司, 井上哲郎, 他: 骨粗鬆症検診の現状と今後の課題. Osteoporosis Japan 1999; 7: 62-70
- [7] 森下幸一, 他: X 線 CT 画像を用いた高精度骨塩量自動計測方式. Medical Imaging Technology 2006; 24(1): 56-61
- [8] 鈴木隆雄: 骨量の自然史と骨粗鬆症・骨折の予防戦略, 骨粗鬆症学, 初版, 大阪: 日本臨牀; 2004: 225-232
- [9] 伊藤昌子: DXA, 骨粗鬆症学, 初版, 大阪: 日本臨牀; 2004: 285-289
- [10] WA Kalender et al.: Bone mineral measurement: automated determination of midvertebral CT section. Radiology 1998;

168(1), 219-221

[11]E. Klotz et al.: Automated definition and evaluation of anatomical ROI's for bone mineral determination by QCT. IEEE Trans 1989; 8(4), 371-376

[12]岡本卓也, 他: 骨断層像の周波数解析に

よる骨梁評価. 電子情報通信学会技術研究報告 1998; MBE98-83: 55-59

[13]上原理宏, 他: マルチスライス CT 画像を用いた骨粗鬆症診断支援アルゴリズムの構築. 電子情報通信学会技術研究報告 2006; MI2005-90: 97-100

The proposal of osteoporosis diagnosis support which used thoracic CT screening images

～Suggestion of the “SS” value which is quantity of new characteristic～

Yoshiyuki Kawasaki^{*1}, Kouichirou Takada^{*1}, Kumiko Matsumoto^{*1}, Toshimitsu Kobayashi^{*1}, Kazuhiko Sato^{*1}, Kazuya Sukegawa^{*1}, Hitoshi Imura^{*1}, Syuuichirou Yamamoto^{*1}, Suzushi Kusano^{*1}, Toru Nakagawa^{*1}, Youichi Kuboki^{*2}, Syuusei Nakano^{*2}, Eiichirou Nakamura^{*3}, Kuniyoshi Nakashima^{*4}, Takayuki Kadomura^{*4}, Yoshihiro Gotou^{*4}

^{*1} Hitachi Health Care Center

4-3-16, Ouse-machi, Hitachi-shi, Ibaraki, MN317-1176

e-mail: zenkou@d3.dion.ne.jp

^{*2} Mito General Hospital

^{*3} University of Occupational and Environmental Health

^{*4} Hitachi Medical Corporation

[summary]

With the population aging, the prevalence of osteoporosis is increasing in Japan. However, the screening of osteoporosis is not functioning well in the present. Therefore we paid attention to the recent increase in participants of thoracic CT screening for lung cancer. We developed a software program which allowed the evaluation of the osteoporosis based on thoracic CT images data. Among 104 women aged 56.6 ± 8.6 yrs who simultaneously underwent lung cancer screening with CT and evaluation of osteoporosis by DXA method, we compared data obtained from the software with the bone mineral density. As a result, the data showed a moderate correlation with the bone mineral density. Evaluation of osteoporosis besides lung and mediastinal disorders might well be expected to lead to an effective use of thoracic CT screening.

Key words: Thoracic CT screening, CT image, Osteoporosis, Bone Mineral Density (BMD), Computer Aided Diagnosis (CAD)

J Thorac CT Screen 2007;14:208-214

進化するCTの有用性を探る………健診とCT

腹を割って話そう！内臓脂肪の「見える化」

行動変容モチベーション維持のための「見える化」

日立健康管理センター 放射線診断科主任医長

中川 徹



要旨・CTで割ってみて、行動が変わるといふスキームは、まさにCT検診のイノベーションであり、肺がん早期検出から禁煙支援へ、さらにメタボ対策までが単一のCTというモダリティで実施できる可能性が広がってきた。

行動変容をもたらす特定健診・特定保健指導

2008年4月から、高齢者医療確保法に基づき全医療保険者に義務付けられる「特定健診・特定保健指導」が開始される。40歳〜74歳までの全被保険者が、腹囲測定・血圧・脂質・血糖を含む健康診断を受診し、動脈硬化性疾患のリスクに応じて保健指導を受ける。一番リスクの高い群は「積極的支援」という3〜6カ月間の内臓脂肪減量プログラムで減量に取り組むことになった。危険度を測る第一の検査は腹囲で、男性85センチ以上、女性90センチ以上の場合、血圧、脂質、血糖

の基準値異常と喫煙歴の4つのうち、2つ以上が当てはまれば、この「積極的支援」の対象となる。

厚生労働省の発表によると、08年度のスタート時点で、特定健診の対象者は40歳から74歳の人口5744万6000人（新将来推計人口）、受診者数は60%の受診予測で3446万8000人、保健指導の利用者（実施率）は対象者1182万2000人の20%との仮定で236万4000人としている。

職域保健においても、生活習慣病に対する保健指導が10年以上前からなされてきたが、現状その効果をも十分とはいえない。血圧・脂質・糖代謝の管理と称した、定期的な採血や血圧、体重測定といった健康管理が主体で、経過中にデータが悪くなると、医療機関に紹介してきた。これまで指導者側は、動脈硬化性疾患の通り一遍の危険性を説明したつもりになっているし、何度も繰り返し言ってきた、結局本人次第でどうしようもないと感じている。

●Summary

Let's consult about visceral fat by low-dose screening CT—Visualization for the maintenance of motivation. The scheme of behavior modification using CT screening is just an innovation. CT screening is able to contribute to early detection of lung cancer, quit smoking, and a loss in weight.

実際に、これまでの説明はいかにリスクが高いかという正しい内容であったかもしれないが、それではどのようにしてリスクを回避するのか、具体的な方法までを本人に尋ねるといったコンサルテーション中心には行われてこなかった。一方、対象者側は、取り立てて自覚症状もないので検査データが少々はずれていようが気にしていない。産業保健スタッフから、一方的にまくし立てられる指導には辟易しておられる。また、ある程度の病態や結果の重大性の知識は持ち合わせているが、自分の将来とリンクさせて想像できない当事者能力の欠如も問題であろう。

行動変容は、強い動機付けと、本人の理解可能な新たな行動の選択が大切である。動機付けとして確かに血圧や中性脂肪、空腹時血糖など、数字に示され、程度が客観的に分かることも重要である。しかし一般の方にとって、自覚症状もなく、腹囲と血液データを示されて、「大変です。メタボリックシンドロームです。体重減らしましょう」式の説得

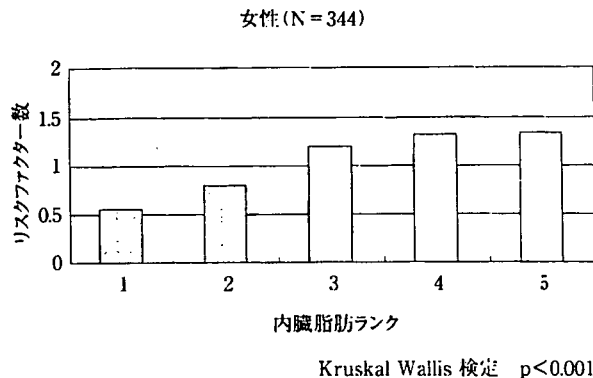
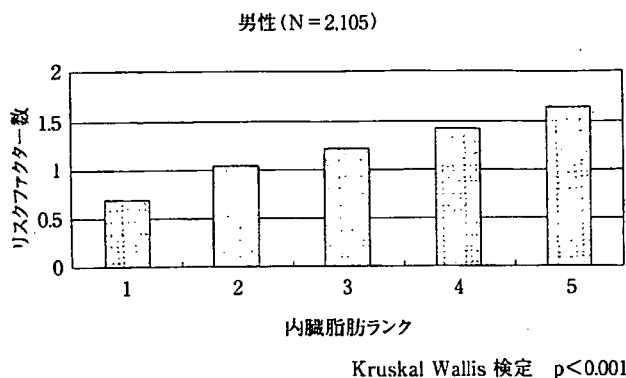


図1 内臓脂肪面積別リスクファクター個数

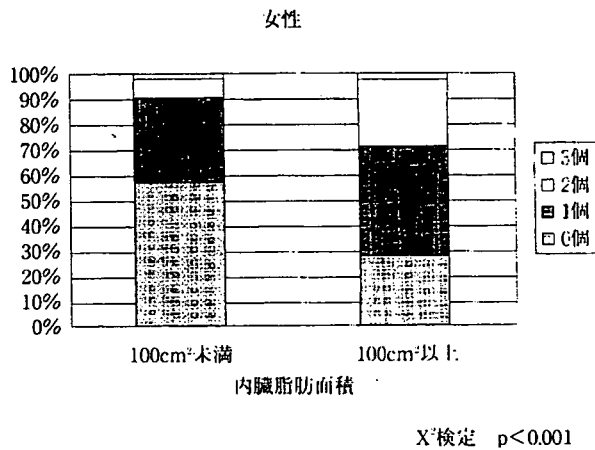
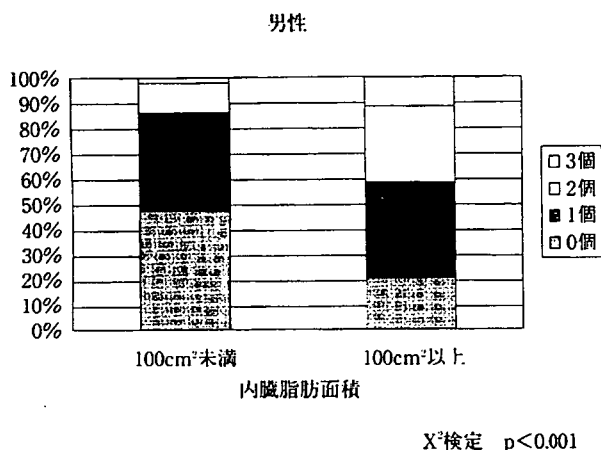


図2 内臓脂肪面積別リスクファクター個数

がどこまで通用するであろうか。腹を割って、どうして内臓脂肪が悪いのか、情報を噛み砕いて提供し、対象者の腑に落ちるまでしっかり説明することがまず肝要ではないか、それからどうするかはご本人次第である。

従来から使用してきた指導という言葉は、相手が児童でもないのに用いるべきではない。あくまでもコンサルテーションという枠組みで接していくべきであろう。私たちは応援に徹して保健支援を行う白らを、サポーターと称している。

腹を割って話そう “内臓脂肪”

体脂肪量の測定法には、体密度法、体水分法、体内カリウム量測定法、インピーダンス法、二重エネルギーX線吸収法、画像法などがある。それぞれ一長一短があるが、内臓脂肪を測定し、本人に分かりやすく提示できる方法は、「見える化」された画像法であろう。

画像法には、CT、MRI、超音波がある。特に、CTを

用いた内臓脂肪の測定は、内臓脂肪型肥満の診断の“golden standard”であり、内臓脂肪面積100cm²以上が内臓脂肪型肥満と診断される。

05年10月～06年3月の6ヵ月間に当センタ総合健診を受診し、内臓脂肪CT検査を実施した2449名(男性2105名、女性344名)のデータを用いて、内臓脂肪面積が増えると、血圧・脂質・血糖のリスクファクターの個数も増えるかどうか調べてみた。内臓脂肪ランクを、100cm²未満・1、100cm²以上125cm²未満・2、125cm²～150cm²・3、150cm²～175cm²・4、175cm²以上・5とすると、図1の通りである。男女とも、内臓脂肪蓄積が多くなるほど有意にリスクファクター数が増加している。

また、内臓脂肪面積100cm²未満、100cm²以上でリスクファクター個数別人数分布を比較すると、男女とも有意に内臓脂肪面積100cm²以上の方がリスクファクター個数が多いことが分かる(図2)。

男女とも内臓脂肪の蓄積は、明らかに血圧・脂質・血糖のデータを悪化させ、内臓脂肪面積が100cm²以上でリスクファクター重複する者の割合が有意に高いことを、丁寧に説明して、言葉だけが先行した感のあるメタボリックシンドロームの本態は、「あなたの血管は実年齢に比べて早くに、硬く・厚く・狭くなっています。本当にそれでよろしいのですか」症候群であることを、内臓脂肪CT画像とともに正しく理解いただくべきである。年齢相当の血管でありたいと誰もが思う(願う)であろうが、メタボリックシンド

42歳・男性：境界型糖尿病

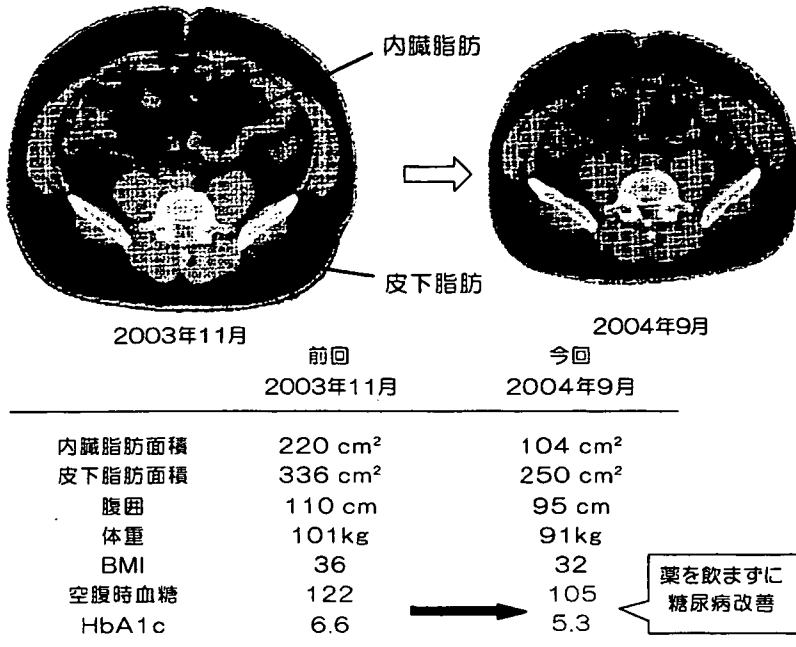


図3 内臓脂肪減量成功例

ロームの方は動脈硬化が進展していくので、「では、あなたはどうかされますか」とお尋ねする。ここからコンサルテーションが始まる。

当施設では、「はらすまダイエット」という積極的支援プログラムを準備している。大原則は「無理なことはやらない。がんばらない、けれども簡単にはあきらめない」ということで、「はらすま」とは、あなたのはらをスマートにするという意味である。ポイントは①現在の体重の5%を減量目標、②3ヵ月

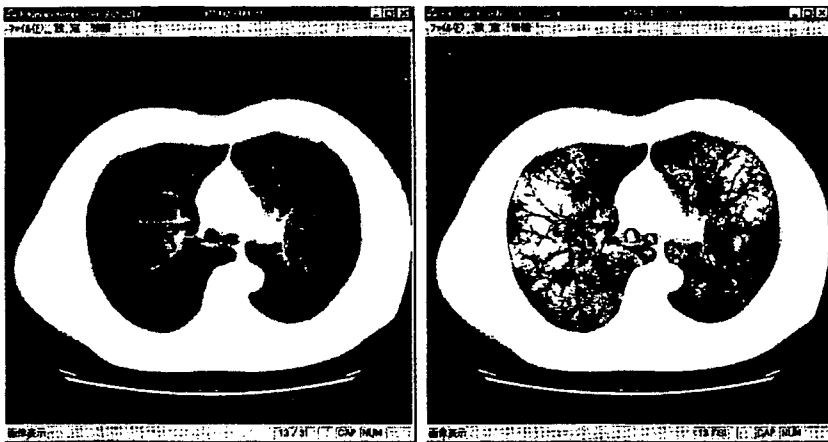


図4 CT肺気腫自動検出システム

(90日間)かけて減量、③一日の減量目標は50g、100g、④100g体重計で朝晩2回体重をチェック、⑤必ず紙に記録しておく、⑥体重が増えたときは言い訳を記入、⑦がんばらない、⑧目標達成時には自分へのごほうびを決めておく。例えば現在80kgの方だと、4kgを90日かけて、ゆっくりと減量する。400g(4kg)÷90日=4.4gなので1日44gの減量でよいが、脂肪44gを減らすのに、300kcal(キロカロリー)の運動を行うか、300kcalの食事の量を減らしていただく必要

がある。300kcal使うのに、散歩だと1時間半かかる。忙しい方にはとても勧められない。そこで100kcalに小分けにして無理をしない。100kcalだと、30分の散歩であり、かなり現実的な目標になった。階段15分昇降で100kcal、食事や間食だと、普通のお茶碗で3分の2のお米が100kcal、缶コーヒー2本で100kcalなど。腹八分目ではないが、外食のお弁当の2割ぐらいを残されるぐらいがちょうどよい。無理のない範囲で、歩いて、間食を減らして、日々の体重をグラフにつけていただくと、楽しくなるぐらいに右肩下がりになる。

図3に、当施設で内臓脂肪CT検診を受けた42歳・男性の例を提示する。03年11月総合健診で、空腹時血糖と、HbA1cの異常を指摘され、75gOGTTを実施、境界型糖尿病と診断された。肉親が糖尿病で、インスリン治療を受けているのを身近に見ており、病態を進展させないために内臓脂肪を減量すると決意された。内臓脂肪面積220cm²のCT画像をトイレに貼り、毎日ながめて、減量のモチベーションを保ったと本人からうかがった。1回1時間の水泳を週2回始めたところ、1年で体重は10kg減量した。減量後のBMIは32で肥満体ではあるが、内臓脂肪面積が半減して104cm²になっている。

内臓脂肪減量の結果、インスリン抵抗性が改善され、空腹時血糖およびHbA1cが正常値に戻っている。この方は06年も内臓脂肪CT検診を受診したが、その時の内臓脂肪面積は115cm²であった。リバウンドも起きず、糖代謝の異常も認められていない。

健康診断現場でヘルスサポート (1次予防)を推進すること

健康診断現場で、最も重要なヘルスサポートは、禁煙支援と内臓脂肪減量支援である。CT画像により、内臓脂肪を直接本人が確認して、その減量の意欲の維持に役立っているが、同様に、慢性閉塞性肺疾患(COPD)に対して胸部CT画像を活用しているので紹介する。

図4は低線量CTにより撮影された胸部画像であるが、右画面では、たばこにより破壊されて蜂の巣のように空洞化した気腫性変化部位を色付けして強調している。このシステムは自動的に肺全体の体積に占めるCT肺気腫の割合を表示し、視覚的評価から定量化もできる。

たばこが原因で肺が破壊された状態の受診者には、自身のCT画像を供覧して、たばこが原因であること、このままたばこを吸い続

けると更に悪化すること、たばこをやめれば破壊の速度が緩やかになることを説明している。この説明を聞いただけで直ちに約3割の方が禁煙を実行され、数年以内に5割が禁煙に成功している。(もちろん、施設内や事業所診療所にて禁煙外来を開設し、ニコチン置換療法を希望される喫煙者の便宜を図っている。)

内臓脂肪や肺気腫にしても、CTで割ってみるといふことは、「分かりやすい」の一言に尽きる。技術革新に伴って得られた利益は医療従事者が診断のみに利用するのではなく、医療消費者に還元するべきである。その点で、CT画像は非常に分かりやすい、専門家以外でも理解ができ、興味を持てる画像であるので積極的に様々な場面で活用していきたい。

CT検査が拓く健康診断の可能性

低線量CT検査によって、肺がんの早期検

出のみならず、気腫性変化を提示することで、禁煙支援の強い動機付けとなることが明らかになった。また、臍部を1スライス撮影することで、内臓脂肪面積を測定できる。CT画像によって、動脈硬化性疾患リスクを「見える化」し、減量のモチベーションとして活用いただける。さらに減量達成後のCT画像で達成感を味わっていただき、体重を維持、リバウンド回避へとつながる。

CTで割ってみて、行動が変わるといふスキームは、まさにCT検査のイノベーションであり、肺がん早期検出から禁煙支援へ、さらにメタボ対策までが単一のCTというモダリティで実施できる可能性が広がってきた。

※ ※

中川 徹(なががわ・とおる) ●62年山口県生まれ。89年産業医科大医卒。96年から株式会社日立製作所日立健康管理センター産業医、99年同放射線診断科主任医長。日本医学放射線学会専門医。産業医科大学公衆衛生学教室非常勤講師。

メタボリックシンドローム(内臓脂肪症候群)克服へ —日立グループが取り組む「はらすまダイエット」—

Program for Conquering Metabolic Syndrome

中川 徹 Toru Nakagawa

大崎 高伸 Takanobu Osaki

高田 英克 Hidekatsu Takada

伴 秀行 Hideyuki Ban

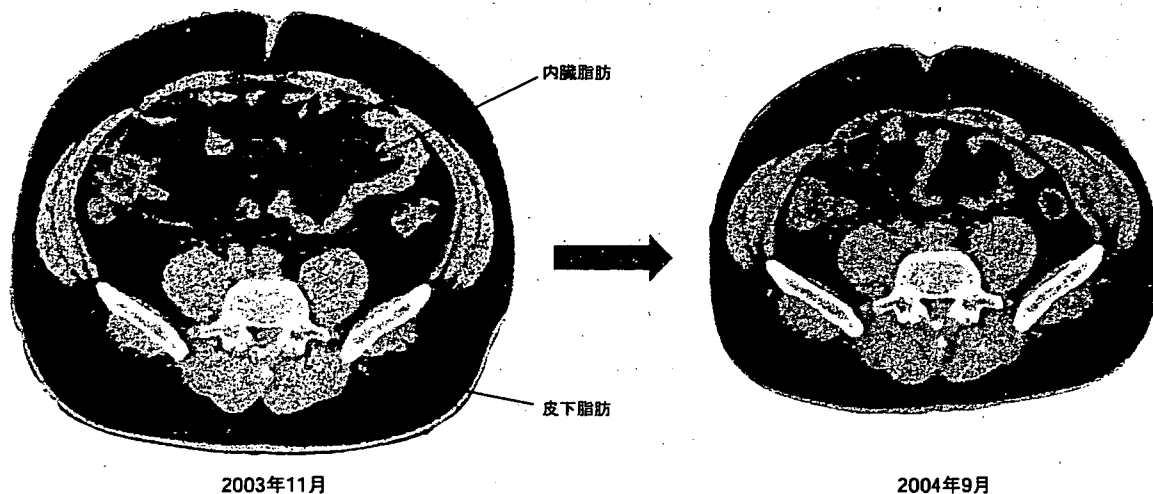


図1 1年間のダイエットの成果:腹囲(へそ回り)の位置での内臓脂肪CT画像

2003年11月に内臓脂肪CT(Computed Tomography)検診を受診した42歳男性は、このとき初めて糖尿病を指摘された。1回1時間の運動を週2回と、野菜を多めに食べる生活に変え、1年後の内臓脂肪CT検診では中央にある赤色の内臓脂肪が著明に減少し、糖尿病の指標であるHbA1cが、6.6から5.3へと正常に戻った。体重は101 kgから91 kgに、内臓脂肪面積は220 cm²から104 cm²に、皮下脂肪面積は336 cm²から250 cm²に、腹囲は110 cmから95 cmへと改善した。薬を使わずに生活習慣を変えて内臓脂肪を減らすことで容易に糖尿病への進展を食い止めることが可能である。

2008年4月から高齢者医療確保法に基づき保険者に義務づけられる「特定健診・特定保健指導」が開始される。40～74歳までの被保険者が、腹囲測定・血圧・血糖・脂質を含む健康診断を受診し、動脈硬化性疾患のリスクに応じて保健指導を受ける。いちばんリスクの高い群は「積極的支援」という3～6か月間の内臓脂肪減量プログラムで減量に取り組むことになった。

日立グループでは、「はらすまダイエット」という安全で確実、効果の高いプログラムを特定保健指導に採用する。「はらすまダイエット」は、忙しく働く人のために開発された積極的支援プログラムである。

1. はじめに

メタボリックシンドローム(以下、メタボと言う。)は、わが国では内臓脂肪症候群とも呼ばれる。これをひと言で説明すると、「あなたの血管は実年齢と比べて早くに硬く・厚く・狭くなっていきますが、ほんとうによろしかったですか症候群」ということ

である(表1参照)。

農耕民族として長く飢餓と闘ってきた日本人は、概してもともと痩せており、太ることに慣れていないため、狩猟民族の歴史を持つ欧米人と比べ、わずかな肥満で糖尿病や動脈硬化、高血圧に罹(り)患しやすいということが判明している。戦後からこの60年間で、高脂肪食、運動不足など欧米型の生活習慣が浸透した結果、日本人の糖尿病患者約740万人、糖尿病予備群880万人と爆発的に増加した。

そもそも脂肪細胞は、エネルギーを貯蔵する倉庫で、過剰な栄養は、脂肪細胞で中性脂肪という形で貯蔵される役割だけしかないと考えられてきた。ところが、1990年初頭に、過剰に肥大した内臓脂肪細胞組織から、体の働きに悪影響を与える十数種類の生理活性物質が分泌されていることが判明し、メタボのキープレーヤーとして脚光を浴びることとなった。

体に悪影響を及ぼす代表的な悪玉物質に、TNF(Tumor Necrosis Factor)- α がある。TNF- α はインスリンの利きを悪くさせる物質である。インスリンは、膵(すい)臓から放出され、食

表1 メタボリックシンドローム診断基準

日本内科学会など8学会が共同で策定した診断基準である。腹囲が必須項目で、脂質・血圧・血糖のうち二つ以上が基準値を外れている場合にメタボリックシンドロームと診断される。太っていることが悪いのではなく、内臓脂肪の過剰蓄積に伴い、脂質・血圧・血糖の異常が重複して発症することが、結果として動脈硬化を促進することが問題なのである。

危険因子	
内臓肥満(へそ周囲長測定)	
男性	≥85 cm
女性	≥90 cm
中性脂肪	≥150 mg/dl
HDLコレステロール	<40 mg/dl
血圧	≥130/85 mmHg
空腹時血糖	≥110 mg/dl

注:略語説明 HDL(High-Density Lipoprotein)

事から消化吸収された血糖を肝臓や筋肉に取り込ませる。TNF-αがインスリンの働きを邪魔すると、いつまでも血糖値は高いままになり、さらに膵臓はインスリンを放出し続けることになる。膵臓がいつまでもインスリンを出し続けられればよいが、残念ながら欧米人と比べ、日本人が生涯に分泌できるインスリンの量は半分以下であるとされ、また、インスリン分泌能は遺伝的に規定されている(人によって決まった量しか分泌できない)。おなかがポッコリとした状態が長期間続くと、インスリンが利かない状態で、遺伝的に量が決まっているインスリンを無為に分泌し続け、最終的には一生分のインスリンが予定より早くに枯渇してしまう。例えば、アクセル全開で、エンジンの空ぶかし状態が続き、ついにはエンジンが焼け尽きてしまった状態であり、そのとき膵臓からはインスリンがまったく放出されなくなる。この状態が、2型糖尿病である(日本人の糖尿病のほとんどは2型糖尿病)。糖尿病は、喫煙や高血圧、脂質異常症と並んで動脈硬化を促進する危険因子である。

血管を実年齢より早くに老化させる原因は、ポッコリとしたおなか(内臓脂肪の過剰蓄積)にある。結局、内臓脂肪をまるまると太らせると、血圧が上がったり、中性脂肪が増えたり、血糖が上がったりと、よいことは何もない(図1参照)。

ここでは、特定健診・特定保健指導の概要と、生活習慣を改善することを目的に開発された減量プログラム「はらすまダイエット」、および効率的かつ効果的に実施するための遠隔指導支援システムについて述べる。

2. 特定健診・特定保健指導について

人は血管とともに老いと言われるが、人の寿命、特に健康寿命と血管年齢は表裏一体と言ってもよい。健康寿命とは病気や痴呆、衰弱などで要介護状態となるまでの年齢のことである。いわゆる寿命と健康寿命が、まったく同じであることが理想的な生き方であるが、これがなかなか難しい。できるだけ寝たきりにならないように、健康寿命を延ばすこと、すなわち血管年齢を実年齢に保つことが大切になる。

さて、2008年4月から、メタボ健診とも言うべき、特定健診・特定保健指導が始まる。厚生労働省は、糖尿病など生活習慣病の原因となるメタボに重点を置く新しい健康診断の方法を策定した。目的は、実年齢と比べて血管が老けてしまうメタボの進行を止めるためである。腹囲(へそ回り)測定や「悪玉」とされるLDL(Low-Density Lipoprotein)コレステロールなど、今までの健康診断になかった検査項目に加え、血圧や空腹時血糖、HbA1c(ヘモグロビンエーワンシー)、中性脂肪、「善玉」とされるHDL(High-Density Lipoprotein)コレステロールを調べる健康診断を年1回、40~74歳までの国民全員が受診することになった。ただ検査をするだけでなく、検査の結果で動脈硬化の危険度別に3段階に区分し、ひとりひとりに動脈硬化の危険度を知らせて、危険度が高いと判定された人は、生活習慣の見直しについて専門家による「積極的支援」プログラムを受けることになる。

危険度を測る第一の検査は腹囲で、男性85 cm以上、女性90 cm以上の場合、血糖、脂質、血圧の基準値異常と喫煙歴の四つのうち、二つ以上が当てはまれば、この「積極的支援」の対象となる。

3. 日立グループのメタボソリューション「はらすまダイエット」

厚生労働省の発表によると、2008年度のスタート時点で、特定健診の対象者数は40~74歳の人口約5,744万6,000人(新将来推計人口)、受診者数は60%の受診予測で約3,446万8,000人、保健指導の利用者(実施率)は対象者約1,182万2,000人の20%との仮定で約236万4,000人である。

特定健診・特定保健指導では、まず腹囲や血圧、血液検査を受診し、メタボの危険性が高いかどうかを判定する。危険性の高い人には、日ごろの生活を見直す契機として詳しくメタボの病態について説明する。自覚症状のないメタボ(血管が実年齢より早くに硬く・厚く・狭くなる)の状態を検査で調べて、早いうちに危険の芽を摘み取るのである。

では、メタボと診断された人は具体的にどうするであろうか。食べたいものを制限する、野菜ばかりをたくさん食べる、とりあえず運動を始めるなどが一般的であると考えられるが、「わかっているのにやめられない。」「クタクタなのに筋肉トレーニングなんて」など、三日坊主に終わることが多いのではないだろうか。

そこで、できるもの、やって心地のよいものを自身で探してみてもどうかと提案する。

日立グループでは、メタボ撃退のために「はらすまダイエット」という内臓脂肪減量プログラムを展開しようとしている。原則は、「無理なことはやらない。がんばらない、けれども簡単にはあきらめない。」ということである(表2参照)。

ちなみに「はらすま」とは、Hitachi Associates Life Style

表2 PDCAサイクルで考える「はらすまダイエット」

「はらすまダイエット」は、1日50～100gという減量を90日間続けて、体重の5%減量をめざす。働く人になじみの深いPDCAサイクルを用いてみるとその仕組みがわかりやすい。1日300kcalというわずかな努力であるが、続けることで必ず目標に到達できることが理解できる。何より無理をしないことが、安全で確実な方法であると言える。

PLAN:計画	体重の5%減量を目標 1日50～100g減量 (50gの脂肪は、350kcalの算段でなんとか消費できる理屈) ●10日おき目標 500～1,000g減量 ●90日後の目標 4.5～9kg減量
DO:実行	100kcal単位生活習慣カードを使って、できそうな行動を選択する。 ●通勤時の徒歩を現在より30分増やす(100kcal)。 ●ごはんのおかわりをやめる。アルコールをやめるなど200kcalは食事から。 (よく噛んで、いつもより長い食事時間を意識する。)
CHECK:検証	原則1日2回50～100g表示の体脂肪計で体重測定・記録 10日ごとに朝測定した体重などをメールなどで担当まで報告
ASSESSMENT:改善	10日おきに短期目標チェック 次の短期目標に進むか、現在の目標達成まであと10日がんばるか。 ●またはPLAN・DOを見直して再挑戦するかを相談

Modification & Actionを略したものの「HALSMA」である。日立(Hitachi)の仲間(Associates)が集まって、内臓脂肪を撃退するために、これまでの習慣(Life Style)を見直し(Modification)、実際に行動(Action)を起こそうというものである。

また、メタボの人の腹をスマートにすることが目標であるので、「はらすま」とも呼んでいるが、スマート(SMART)は細いという意味ではなく、本来は賢いという意味である。「はらすまダイエット」をひと言で説明すると、「できるだけ『具体的』(Specific)な『数字』(Measurable)にして、『行動』(Action-oriented)に向かえるように、目標は『現実的』(Realistic)であり『時間』(Time-bound)を区切る」と賢く減量できるということである。

忙しく働く人にとっての減量作戦は、最小限の工夫で最大効果を上げたいところだが、実際には解決策に画一的なものなど存在しない。個人でいちばんフィットする作戦を編み出すほかはない。メタボと診断されたからといって、歯をくいしばって1か月で5kg減量してはいけない。日常のわずかな工夫が、体重の減量に反映することを、90日という余裕の期間で、ユーザー自身に体験してほしい。安全で確実、効果の高い、無理のない、賢い内臓脂肪撃退作戦を練っていただきたいのである。

「はらすまダイエット」のポイントは、(1)減量目標は現在の体重の5%、(2)3か月(90日間)かけて減量、(3)1日の減量目標は50～100g、(4)100g体重計で朝晩2回体重をチェック、(5)必ず紙に記録しておく、(6)体重が増えたときは言い訳を記入、(7)がんばらない、無理なことはやらない、(8)目標達

成時には自分へのごほうびを決めておくことである。

例えば、現在体重80kgの人の場合、5%の4kgを90日かけて、ゆっくりと減量していく。4,000g(4kg)÷90日=44g、1日44gの減量でよいのである。しかし、脂肪44gを減らすには、300kcalの運動を行うか、300kcalの食事の量を減らす必要がある。300kcal消費するのに、散歩だと1時間半かかる。忙しい人にはとても勧められない。そこで100kcalと小分けにして考えてみる。100kcalだと30分の散歩となり、現実的な目標になった。ちなみに階段15分昇降で100kcalである。食事や間食では、ふつうの茶碗で $\frac{2}{3}$ のごはんが100kcal、缶コーヒー2本で100kcalである。無理のない範囲で、歩いたり、間食を減らしたりして、日々の体重をグラフに記録すると、わずかずつではあっても右肩下がりになる。これを日々確認することで減量のモチベーションが維持される。

4. 「はらすまダイエット」介入研究

4.1 目的

総合健康診断においてメタボの診断確定した30～40歳代の男性が、体重減量プログラム「はらすまダイエット」に参加することで、メタボ解除となるかどうかを確かめることを目的とした。

4.2 対象

2006年4月3日から4月28日に、日立健康管理センタ総合健康診断を受診した男性1,264名のうち30～40歳代の762名を対象とした。

4.3 方法

わが国のメタボ診断基準により、30～40歳代のメタボ診断確定者104名に対し、内臓脂肪減量の重要性および体重減量プログラムの内容を説明した。同意の得られた53名は保健師とともに、各人が実施可能なプログラムの選択を行い、90日間の減量プログラムに取り組んだ。

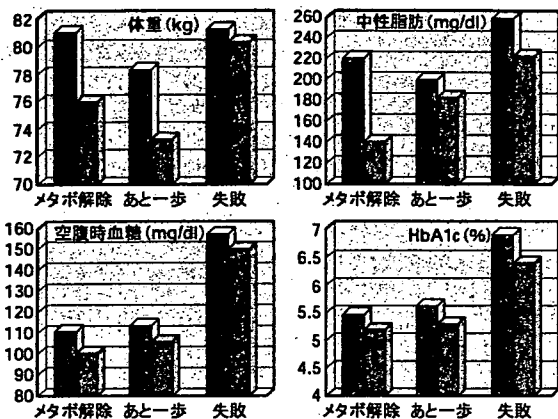
評価項目は、介入前と90日後の身体計測・血圧・血液検査(一般生化学およびアディポネクチン・small dense LDL・アポA1・アポB)・空腹時インスリン・内臓脂肪CT(Computed Tomography)検査・血圧脈波速度である。

4.4 結果

90日後に、メタボ解除を確認する検査を終了した51名の結果は、メタボ解除32名(62.7%)、解除あと一歩11名(21.6%)、解除失敗8名(15.7%)であった。

30～40歳代の忙しい人たちを対象にした減量プログラムのため、その実行性に当初は懐疑的であり、6割超のメタボ解除は予想外であった。メタボ解除32名は、内臓脂肪面積が

メタボ解除：32名 あと一歩：11名 解除失敗：8名



■「はらすまダイエット」前 ■「はらすまダイエット」後

図2 「はらすまダイエット」前後の変化

メタボ解除者は、体重が平均で5 kg減量し、中性脂肪や空腹時血糖、HbA1cなど血液データが著明に改善した。あと一歩という者は、体重は平均で5 kg減量したが、中性脂肪の改善が少ないためにメタボ解除に至らなかった。

表3 メタボ解除者32名の検査データ(平均)推移

内臓脂肪面積が、約150 cm²から120 cm²と減少し、すべての検査データが有意に改善している。わずか5%減のダイエットであっても、内臓脂肪が減少し、メタボ解除に至ることが多かった。

項目(平均)	「はらすまダイエット」前	「はらすまダイエット」90日後
体重	81.0 kg	75.9 kg
内臓脂肪面積	147.4 cm ²	119.5 cm ²
血圧	129/83	126/80
中性脂肪	219 mg/dl	140 mg/dl
空腹時血糖	110.6 mg/dl	99.2 mg/dl
空腹時インスリン	8.9 μU/ml	5.8 μU/ml
HbA1c	5.5%	5.2%

有意に減少しており、内臓脂肪減量の結果、血圧・中性脂肪・空腹時血糖・空腹時インスリン・HbA1cはすべて改善した(図2、表3参照)。

90日後のアンケートで、どうして継続できたかの問いに、「日々の体重の変化を見るのが楽しかった。」「目標が明確だった。」「日々の測定で目に見える効果が実感でき、明日もがんばろうと思った。」「メニューに負担を感じなかったから。」「ダメと言われるものがあまりないため。」など、否定的な意見は見られなかった。

5. 「はらすまダイエット」インターネット版開発

5.1 背景

前述のように、特定健診・特定保健指導の対象者はきわめて多い。例えば、日立健康保険組合の場合、加入事業所は全国295社、被保険者数約22万人、被扶養者数約25万人の合計47万人に達し、その特定健診・特定保健指導対象者は、約20万人で、しかも全国市町村の77%の地区に居住している。特定保健指導では、医師・保健師・管理栄養士によるサポートが実施されるが、大人数に対し、しかも広域にサービスを提供しなければならない。

5.2 「はらすまダイエット」の遠隔指導支援システム

より広く多くの人にサービスを提供するために、ウェブによる「はらすまダイエット」の遠隔指導支援システムを開発した(図3参照)。インターネット上にサーバを設置し、セキュアなSSL (Secure Socket Layer) 通信を活用しながら参加者と指導者との間で体重と行動記録を共有できるようにした。参加者は、日々の体重や行動の記録をパソコンや携帯電話(図4参照)

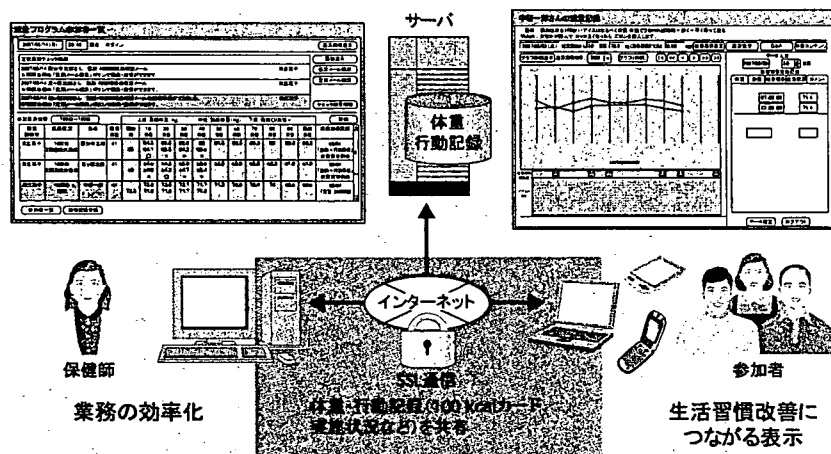


図4 参加者向けインタフェース: 携帯電話の画面例
携帯電話から、体重・行動記録・歩数をサーバに入力することができる。携帯電話画面でも自分の体重減量記録をいつでも見ることができる。

注:略語説明 SSL (Secure Socket Layer)

図3 「はらすまダイエット」遠隔指導支援システム

ウェブによる「はらすまダイエット」の遠隔指導支援システムを開発している。