

- トップコラム／熊本大学大学院 生命科学研究部 教授 荒木 不次男
- 生涯現役のための健康講話／〔その5〕メタボリックシンドロームの予防
- 眼の水晶体の放射線防護に対する新たな取り組み／〔シリーズ1〕何故、眼の水晶体に対する防護が着目されているのか
- お願い／報告書の保管について
- お詫び／6月号「健康講話」の訂正と補足説明

ト  
ツ  
プ  
コ  
ラ  
ム  
200



荒木 不次男

## 医療用放射線の線量計測を振りかえって

私が放射線の吸収線量計測を始めるきっかけになったのは、病院の診療放射線技師として放射線治療に携わるようになってからである。放射線治療では、数Gyの比較的大線量をがん病巣であるターゲットに数回に分割して照射する。この際、投与線量の精度として2%以内が要求されるため、正確な線量計測が必須となる。通常は、検出器として国家線量標準器で校正された電離箱線量計を用いて電離量を測定し、水の吸収線量に変換する。以前は、コバルト線源による照射線量校正定数を用いて、空洞理論にしたがって吸収線量を評価していたが、2012年度に改訂された外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法(標準計測法12)にしたがって、一次標準器としてのグラフィイトカロリメータによるコバルト水吸収線量校正定数を用いた線量計測に変更された。

一方、私が、線量計測を始めた当初は、電離箱による線量計測が主流で、検出器は基準線量計としての電離箱の他に、熱蛍光線量計(TLD)やフィルム(銀)などに限られて使用されていたが、放射線治療装置や照射技術の進歩に伴って、定位放射線治療(SRT)や強度変調放射線治療(IMRT、VMAT)などの高精度放射線治療が普及し、小型電離箱線量計、半導体検出器、蛍光ガラス線量計(RGD)、光刺激ルミネッセンス線量計(OSLD)、ラジオクロミックフィルム、半導体や電離箱の2次元検出器など、多彩な新しい検出器が開発され普及してきた。

さらに、1995年にはモンテカルロシミュレーションによるリニアック装置をグラフィカルにモデリングできるソフトウエ

アBEAMコードが、カナダの国立研究機関(NRCC)から一般ユーザに提供されるようになった。当初は、使用ライセンスを得るためにNRCCまで出向いて講習を受ける必要があったが、数年前から自由にコードをダウンロードできるようになっている。その後、BEAMコードはたちまち世界各国の放射線治療施設で利用されるようになり、現在ではX線診断領域にまで広く普及している。また、この他にも様々な目的に応じたモンテカルロコードが提供されており、検出器での測定が困難な極小照射野の吸収線量計算やCT画像や仮想ファントムを用いた線量分布計算、さらに検出器のエネルギーレスポンスの算出にも利用できるパワフルで便利なシミュレーションツールである。

この他にも放射線治療では、各施設の投与線量の均一化を計るために、第三者線量評価機関による吸収線量測定も行われている。郵送線量計として、MD Anderson(米国)ではOSLDを採用しており、国際原子力機関(IAEA)はRGDを採用している。OSLDやRGDは小型の固体検出器で、フェーディングが少なく、郵送などによる施設間の線量調査に優れている。

以上のように、放射線治療の吸収線量計測法はほぼ確立してきた感があるが、最近新たに放射線治療装置として、MRI-リニアックが開発されて、今後わが国でも導入されようとしている。これまで、磁場下での吸収線量計測においては、いろいろな問題点や課題が報告されてきている。とくに、光子との相互作用で生じた二次電子が磁場によって生じるローレンツ力<sup>しやうらん</sup>で回転するため、電離箱空洞や半導体検出器内での擾乱のため磁場がない場合に比べ、レスポンスが変化する。今後、磁場下での吸収線量計測法の確立が必要であり、第三者線量評価機関によるOSLDやRGDを用いた郵送などによる線量調査においても、検出器のレスポンス変化について十分に研究される必要がある。

最後に、医療用放射線による吸収線量や被ばく線量の正確な計測・評価は、直接に治療率やリスク臓器の障害に影響するため、測定精度が高く、かつ簡便に使用可能な検出器の開発・普及が今後もより一層望まれる。

あらかき ふじお(熊本大学大学院 生命科学研究部 教授)

プロフィール●熊本大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科卒業。九州大学大学院工学研究院エネルギー量子工学専攻博士課程修了。国立熊本病院、熊本大学医療技術短期大学部、同大学医学部保健学科を経て、2010年より現職。専門は放射線量計測学、日本医学物理学会、日本放射線技術学会、日本放射線腫瘍学会、米国医学物理学会に所属。

## 生涯現役のための健康講話

## 〔その5〕メタボリックシンドロームの予防



兵庫大学 兵庫大学短期大学部 教授 長尾 光城

## メタボリックシンドロームはなぜ問題か

肥満になると脂肪が全身に増えてきます。それも脂肪のつき方によって皮下脂肪型か内臓脂肪型かに分かれます。(図1、2) この内臓脂肪こそが生活習慣病の出現率を如実に変化させます。内臓脂肪からアディポサイトカインが作られ、血糖、血圧、中性脂肪などが高くなってくるのが、メタボリックシンドロームです。したがって体重(特に内臓脂肪)を減らさないと、糖尿病、高血圧、脂質異常症が悪化して心血管系の異常である心筋梗塞、脳梗塞さらには癌が発生しやすくなります。皮下脂肪が増えてくるとお尻や太ももに脂肪がつき、著しく体重が増えると、変形性膝関節症や、睡眠時無呼吸症候群などが起こりやすくなります。最近では熱中症になりやすい人に肥満者が挙げられています。

## メタボリックシンドロームについて

診断基準を表で表しますと下記ようになります。

必須項目	(内臓脂肪蓄積) ウエスト周囲径*	男性 $\geq 85$ cm 女性 $\geq 90$ cm
選択項目 3項目のうち 2項目以上が 該当する場合	1. 高トリグリセリド血症 かつ/または 低HDLコレステロール血症	$\geq 150$ mg/dl <40 mg/dl
	2. 収縮期(最大)血圧 かつ/または 拡張期(最小)血圧	$\geq 130$ mmHg $\geq 85$ mmHg
	3. 空腹時高血糖	$\geq 110$ mg/dl

\*内臓脂肪面積 男女ともに $\geq 100$  cm<sup>2</sup>に相当  
(日本内科学会雑誌、94:4、2005)

以上の診断基準は内臓脂肪があることが必須項目とされています。厳密には、へその高さでCT写真をとり、内臓脂肪面積が100 cm<sup>2</sup>以上であれば内臓肥満があると判定します。しかし、現場では立位で軽く息を吐いた状態で、へその高さで腹囲(ウエスト周囲径)を測定し、男性では85 cm以上、女性では90 cm以上を内臓脂肪ありと判定します。そのうえで脂質異常症、血圧高値、空腹時高血糖の3つの以上のうち2つ以上を合併するとメタボリックシンドロームと診断されることになります。

## 日本のメタボリックシンドロームの現状

平成18年の国民健康・栄養調査によると20歳以上の人でメタボリックシンドロームが強く疑われる人の比率は男性21.2%、女性10.5%、予備軍と考えられる人の比率は男性24.3%、女性7.1%でした。40~74歳で見ると、男性の2人に1人、女性の5人に1人が強く疑われるもしくは予備軍と考えられ、メタボリックシンドロームの該当者は約960万、予備軍者数は約980万人、合計で1940万人と推定されています。

## 疫学調査

九州大学の久山町研究によれば日本の腹部肥満の基準値、男性85 cm以上、女性90 cm以上で判定した

腹部肥満は将来の心血管病の発症と有意な関連が出なかったと報告しています。そこで腹囲男性90 cm以上、女性80 cm以上としたアジア・パシフィック基準が将来の心血管病を予測するうえで有用であると報じています。

## メタボリックシンドロームの予防の方法

日本生活習慣病予防協会の池田義雄理事長が提唱した次の6つの健康習慣をもとに健康教室で指導させてもらったところ図1、2のような効果が出ました。

1. たばこの煙がない生活
2. 食事は少なめ、腹八分目
3. 飲酒量は少なめ、1日1本(ビール500cc)以下
4. 身体を動かす運動は週1回以上
5. 休憩、休息、休日、休暇を多く取り、  
疲労を回復する
6. 人や物に多く接する

図1 皮下脂肪型肥満の女性

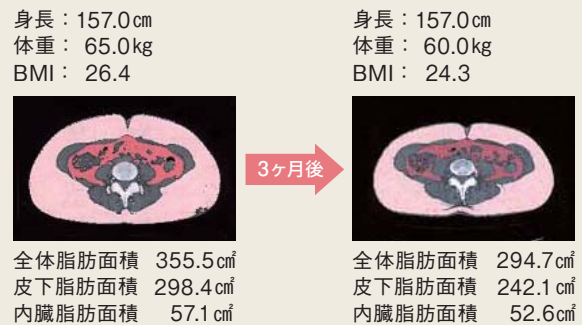
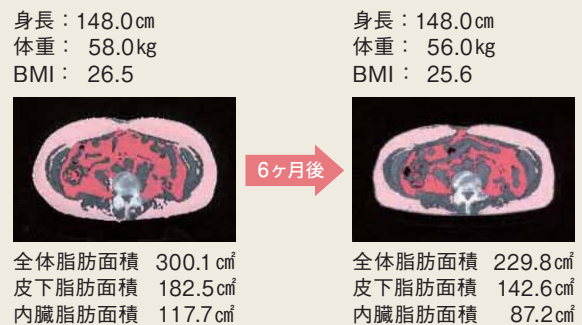


図2 内臓脂肪型肥満の女性



**肥満の定義**：BMI 25以上で腹囲検査のスクリーニングにより男性のウエスト周囲径85 cm以上、女性のウエスト周囲径90 cm以上を上半身肥満の疑いとして、腹部CT検査で男女共に内臓脂肪面積100 cm<sup>2</sup>以上を内臓脂肪型(肥満症)と診断する。

これに加えて、食事は早く食べない。満腹中枢が満腹を感じる前に食べ過ぎてしまわないように時々箸をおいたり、ゆっくり食事を楽しむことをお勧めします。また、週一回90分の運動教室で早ければ3ヶ月、遅くとも6ヶ月も続けていけば図に示したように効果は出ます。みなさんも今日からトライしてください。

## 眼の水晶体の放射線防護に対する新たな取り組み

[シリーズ1]

# 何故、眼の水晶体に対する防護が着目されているのか

### 1. はじめに

国際放射線防護委員会（以下、ICRP）は2011年4月、「組織反応に関するICRP声明」（ソウル声明）として、次のような声明を出しました。

(2) 委員会は、今回、組織反応のいくつか、特に非常に遅く発症するものについて、しきい線量がこれまで考えられてきたものより低い、あるいは低いかも知れないことを示唆する最近の疫学的証拠を検討した。眼の水晶体については吸収線量でのしきい値は今や0.5Gyと考えられる。

(3) 委員会は今、計画被ばく状況での職業被ばくについて、定められた5年間の平均で20mSv/年、かついずれの1年においても50mSvを超えないとする眼の水晶体等価線量限度を勧告する。

(5) 委員会は、すべての被ばく状況およびすべての被ばくカテゴリーに防護の最適化が適用されることを引き続き勧告する。最近の証拠から、委員会は、全身被ばくだけでなく、特定の組織、特に眼の水晶体、心臓及び脳血管系についても、防護が最適化されるべきであることをさらに強調する。

※(2)項、(3)項および(5)項は、ICRP Publication 118(邦訳版)<sup>1)</sup>から引用。

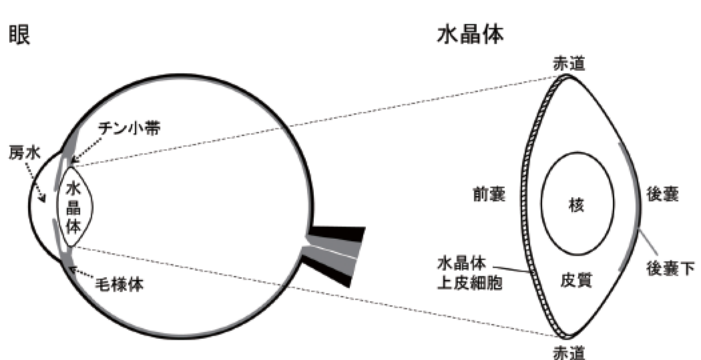
現行の我が国の放射線防護法令は、ICRP Publication 60(1990年勧告)<sup>2)</sup>に基づいており、眼の水晶体の等価線量限度を150mSv/年と定めています。

この1990年勧告では、「表B-1 成人の精巣、卵巣、水晶体、および骨髄における確定的影響の閾値の推定値(ICRP 1984a)」として、多分割または遷延被ばくを多年にわたり毎年受けたときの年線量率として、水晶体の視力障害(白内障)のしきい値が、>0.15Sv/年の等価線量であるとしています。

なお、しきい値の考え方には多少変遷がありましたが、ICRP Publication 103(2007年勧告)<sup>3)</sup>では、被ばく集団の1%だけに影響が生じる線量として明確にされています。

これらのことから、放射線審議会では、新たな眼の水晶体の等価線量限度を放射線防護体系に取り込む必要があるとして、2017年7月に眼の水晶体の放射線防護検討部会を設置しました。この検討部会は、2017年7月から2018年2月までの間、7回開催されて各種審議を行い、「眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について」を取りまとめました。ここでは、その内容に基づき、眼の水晶体の放射線防護に対する新たな取り組みについて、その概要を紹介します。

### 2. 水晶体の構造と特徴

まず、今回の対象となる眼の水晶体について概要を紹介すると<sup>4)</sup>、に示すように角膜に接する前方に単層上皮細胞層があり、水晶体嚢と呼ばれる膜に包み込まれています。水晶体嚢の前半分は前嚢、後半分は後嚢、前嚢と後嚢の境界は赤道部と呼ばれています。また、水晶体は、透明である、血管がない、上皮細胞が生涯増殖を続ける、構成する全細胞が生死に関係なく生涯水晶体内部に留まるといった特徴があります。本来は透明な水晶体が何らかの原因で混濁することがあり、混濁が進行した症状を白内障といいます。白内障は、発症する部位によって、主に皮質白内障、核白内障および後嚢下白内障の3つに分類され、分類によって白内障となる原因は様々ですが、いずれの分類においても主たる原因は加齢とされています。水晶体の混濁は、放射線への被ばくでも生じることがあり、白内障手術が必要なほどの視力障害(放射線白内障)に進行し得ることが知られています。

### 3. 新たな取り組みに必要な事項

国際原子力機関(IAEA)はTECDOC No.1731<sup>5)</sup>において、水晶体の被ばくと関係が大きい職業について、医療従事者、原子力施設の作業員、その他の労働者の3つに区分しています。それぞれの分野における眼の水晶体の被ばく状況は互いに大きく異なる

るので、新たな取り組みを検討するためには、各分野の被ばく実態を確認することが必要となります。その結果を踏まえて、必要な防護策、眼の水晶体線量の測定方法などを検討すると共に、現行の法令下における管理方法等を考慮することも必要となりますが、これらについては次号に紹介することといたします。

#### ◆参考文献

- 1) ICRP Publication 118 組織反応に関するICRP声明 正常な組織・臓器における放射線の早期影響と晩発影響—放射線防護の視点から見た組織反応のしきい線量—、2017年3月、(公社)日本アイソトープ協会
- 2) ICRP Publication 60 国際放射線防護委員会の1990年勧告、1991年3月、(社)日本アイソトープ協会
- 3) ICRP Publication 103 国際放射線防護委員会の2007年勧告、2009年9月、(社)日本アイソトープ協会
- 4) 眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について、平成30年2月、放射線審議会眼の水晶体の放射線防護検討部会(第140回放射線審議会総会資料140-1号)
- 5) TECDOC No.1731、Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye、2013、IAEA

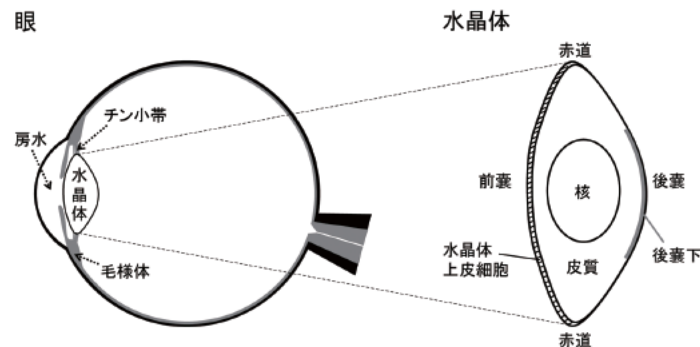


図 眼(左)と水晶体(右)の構造<sup>4)</sup>

# お願い

## 報告書の保管について

(お問い合わせ: お客様サポートセンター)  
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

個人被ばく線量の測定結果は、30年間または永久保存の保存義務が関係法令で定められています(一部の特例を除く)ので、着用を中止された方、退職された方の分も含め、「外部被ばく線量測定報告書」はそれぞれの事業所で大切に保存してください。

また、報告書の紛失等により再発行が必要な場合は当社までご連絡ください。但し、再発行につきましては別途発行手数料が発生しますことを何卒、ご了承ください。

### ◆再発行手数料

[基本料金2,000円+報告数(バッジ毎)×10円] ※税別

測定番号	氏名	性別	年齢	測定日時	測定場所	測定機	測定結果	備考
00000	人	1ヶ月						
00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000

## 6月号の訂正と補足説明

6月号「生涯現役のための健康講話〔その3〕膝痛改善」の文中において用語に誤りがございました。次の通り訂正しお詫び申し上げます。また、そのストレッチの方法を写真により補足説明いたします。

背臥位(うつ伏せ) 誤 → 腹臥位(腹ばい) 正

※訂正箇所 / 3ページ・右ブロック・中段

### とっておきの方法

- ① こだわりのストレッチ……二人で行う場合、一人が腹臥位(腹ばい)になり、もう一人が膝の膝窩部(膝裏のくぼみ)を中心にして、足首と足の付根を持ち、下腿三頭筋(ふくらはぎ)とハムストリングス(太ももの後面)を伸ばしてください。(図1)
- ② 一人で行う場合のストレッチも膝窩部で下腿三頭筋とハムストリングスの両方が伸びていることを感じながら、行うことが肝要です。(図2)



図1 腹臥位での膝窩部のストレッチ



図2 ハムストリングのストレッチ

### 編集後記

通勤時に起こった、ある日のちょっとした話。会社帰りポータとしていたせいか、駅の階段で足を踏み外し、よろけた私。“あっ、転ぶ! やばい…”すると、背後から、私の左腕をつかみ、支えてくれる男性がいるではありませんか。一瞬の出来事で“すみません。”としか言えず、顔も見れず。その人は何も言わず、何事もなか

ったように階段を下り、人混みの中に消えていきました。その人がいなければ、大げがをしていたかも知れません。つい最近も、車中で熟睡。降車駅で慌てて降りようとたら、“忘れてますよ〜”と男性の大きな声が。私が紙袋を忘れたのを見て、教えてくれたのです。自己反省しながら世の中、まだまだ、捨てたものじゃないなあと実感しているところです。

(C.O.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<https://www.nagase-landauer.co.jp>  
E-mail: [mail@nagase-landauer.co.jp](mailto:mail@nagase-landauer.co.jp)

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は  
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440  
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

**NLだより** No.488 平成30年(8月号)

毎月1日発行 発行部数: 39,400部

発行 長瀬ランダウア株式会社  
〒300-2686  
茨城県つくば市諏訪 C22 街区 1  
の場 洋明