

日本保健物理学会第51回研究発表会
実効線量の使用に関するICRP TG79 報告書 勉強会
2018年6月30日

ICRP Publication XX 放射線防護量としての実効線量の使用

大分県立看護科学大学

甲斐 倫明
(ICRP主委員会委員)

本資料は、日本保健物理学会員としてまとめたものであり、ICRPの見解を代表するものではない

要点

TG79レポート: The Use of Effective Dose as a Radiological Protection Quantity

1. 吸収線量が組織反応(確定的影響)の制限に使用する最適な量
2. 等価線量は、組織反応(確定的影響)を制限するときの線量として使用するべきでない。次期主勧告までは使用することは可能
3. 等価線量は実効線量計算の中間的な量とみなすべき
4. 実効線量は外部被ばくと内部被ばくの合計量をリスクで調整して得た防護量
5. 実効線量は特定年齢の標準人の男女平均で計算される
6. 実効線量は最適化、限度などの基準比較、コンプライアンスの証明に使用
7. 実効線量は100mSv以下で使用、例外的に緊急時被ばく状況では1Sv程度まで使用可
8. 実効線量は医療で異なるモダリティや撮影技術の比較に使用できる
9. 実効線量は臨床家と患者に対するリスクの目的に、異なる医療行為を大まかにカテゴリー分けする指標に使用できる
10. 実効線量はリスクの近似指標であるが、リスク代替ではない
11. 集団実効線量は、最適化(とくに職業被ばく)の有用なツールであるが、リスク予測に使用するものではない。

等価線量と吸収線量

等価線量 $H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$

光子、電子、μ粒子	: 1
陽子、荷電パイ中間子	: 2
アルファ粒子、核分裂片、重粒子	: 20
中性子	: エネルギーの連続関数

放射線加重係数は、LETの関数である線質係数 $Q(L)$ に関係した量

Pub.60 以後、RBEを基礎に選定されている

- $w_R=1$ は、光子、電子、ミュー粒子がエネルギーの異なるとき、生物的效果に違いがあることを意味しない。
- 実効線量の適用にのみ有効とみなしている。

- 組織反応のRBEの情報限定されているため、等価線量が利用されてきた
- そのRBEは、がんのRBEよりも小さいことが示されてきた
- 等価線量限度の使用は保守的
- 同じ単位Svの混乱を避ける

吸収線量が組織反応(確定的影響)の制限に使用する最適な量
例) 水晶体 0.5 Gy

等価線量は実効線量計算の中間的な量とみなすべき
例) 実効線量10mSv, 甲状腺線量240mSvの混乱を避ける

実効線量は外部被ばくと内部被ばくの合計量をリスクで調整して得た防護量

- 疫学データは低線量での主たるリスクは発がんであることを示唆
- 低線量・低線量率のリスク推定には、多くの仮定と判断が必要
- LNT線量反応関係の仮定は、発がん機構を考慮した慎重な解釈
- **LNT線量反応関係の仮定が防護量としての実効線量の使用の基礎にある**
 - 外部被ばくと内部被ばくの加算
 - 内部被ばくは、預託線量を使用するが、
- 推定されるリスクには不確かさがあり、線量が小さくなるほど大きくなる
- 遺伝性影響の疫学的証拠は存在しないが、動物実験の証拠をもとに、遺伝性リスクを含めることは慎重な解釈
- 実効線量で100mSvを超えるときには、次の点に配慮する
 - 内部被ばくで、組織・臓器の障害が起きる可能性
 - 例) I-131 実効線量250mSv -> 甲状腺線量 > 6G
 - 高線量率の場合には、DDREFが適用できないのでリスクは幾分高くなる

実効線量は100mSv以下で使用、例外的に緊急時被ばく状況では1Sv程度まで使用可

実効線量は特定年齢の標準人の男女平均で計算される

- 実効線量は、標準人の臓器・組織の平均線量に基づいている
- 組織加重係数は、男女の平均値であり、男女平均の等価線量を用いる
- これまで、内部被ばくに対して大人と小児(乳児を含む)の臓器等価線量、実効線量がPublicationで示されてきた。
- 標準人の年齢別標準値へ(Pub.89):
MIRDファントムから、ボクセルファントム(Pub.110)へ
cf. TG96: Pediatric Reference Computational Phantoms
Newborn, 1-Year, 5-Year, 10-Year, 15-Year-Female, 15-Year-Male, Adult

実効線量はリスクの近似指標であるが、リスク代替ではない

- リスクは、年齢、性、集団の特性に依存するが、実効線量は、男女の平均値であり、特定の個人のリスクを推定するものではない
- しかし、性、被ばく時年齢による差は決して大きくはない
- 名目リスク係数は性と年齢で作業員あるいは一般人集団で平均したもの
- 医療の特定行為と名目リスクに関係付けた実効線量の関係の理解が必要

臓器吸収線量

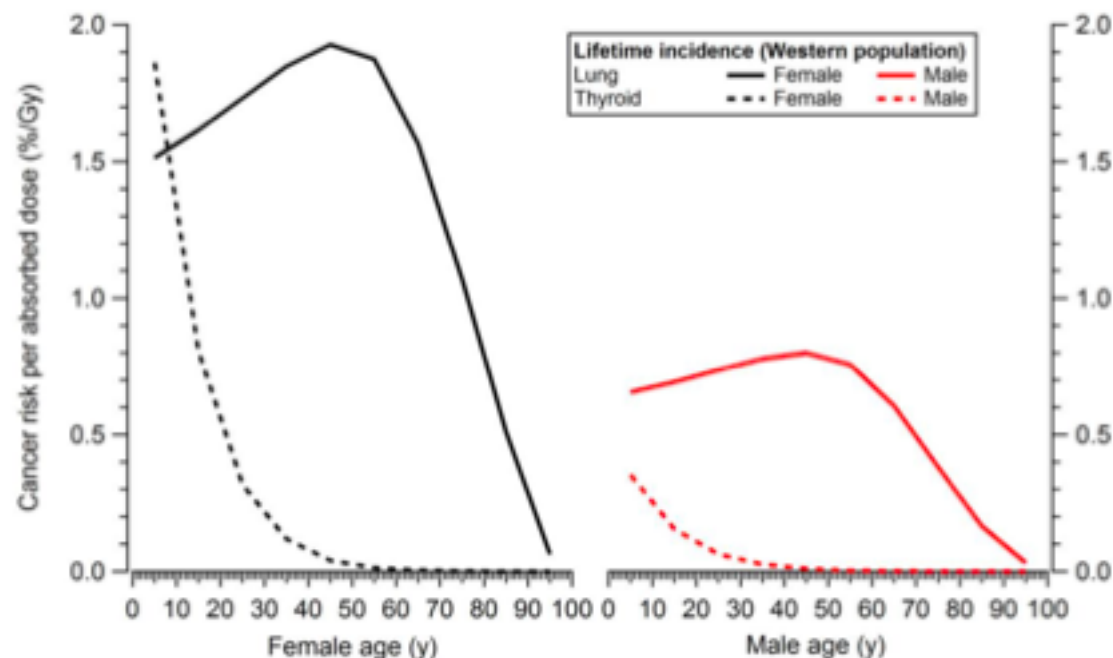


Fig. 2.1. Lifetime attributable risks of cancer incidence per absorbed dose (cases per 100 per Gy; % / Gy) from uniform external exposure to gamma rays for the ICRP (2007a) Euro-American composite population for lung and thyroid cancer (from Table 2.4).

実効線量は医療のモダリティ、患者、装置によって異なる

Table 5.1. Examples of typical effective doses (mSv) for adults in 3 countries from some common examinations

Procedure	UK ^a	USA ^b	Russian Federation ^c
Radiography			
Chest PA	0.014	0.03	0.1
Chest Lat	0.038	0.07	0.18
Lumbar spine AP	0.39	2.0	0.6
Lumbar spine Lat	0.21	2.0	0.6
Abdomen AP	0.43	0.7	1.0
Pelvis AP	0.28	1.25	0.7
Interventional			
Coronary angiography	3.9	15	15
Femoral angiography	2.3	7	5-10
Computed tomography			
CT Head	1.8	2.1	1.8
CT Chest	14	11	6.3
CT Abdomen	16		9
CT Abdomen + Pelvis	13	17	
CT Chest+Abdomen+Pelvis	19	29	25
Nuclear Medicine			
Bone scan: Tc-99m	3	5	3
PET tumour imaging (F-18 FDG)	7	10	5

^aWall et al., 2011; Shrimpton et al., 2016; ARSAC, 2018. ^bMettler et al., 2008; Smith-Bindman, 2015; Alessio et al. 2015; Becker et al. 2016. ^cChipiga & Bernhardsson, 2016; Vodovatov et al., 2016; Zvonova et al. 2015; Balonov et al. 2018.

実効線量は医療で異なるモダリティや撮影技術の比較に使用できる

- 実効線量は個人の線量を反映したものではない
- しかし、正当化・最適化の参考、説明・リスクミに使えるであろう

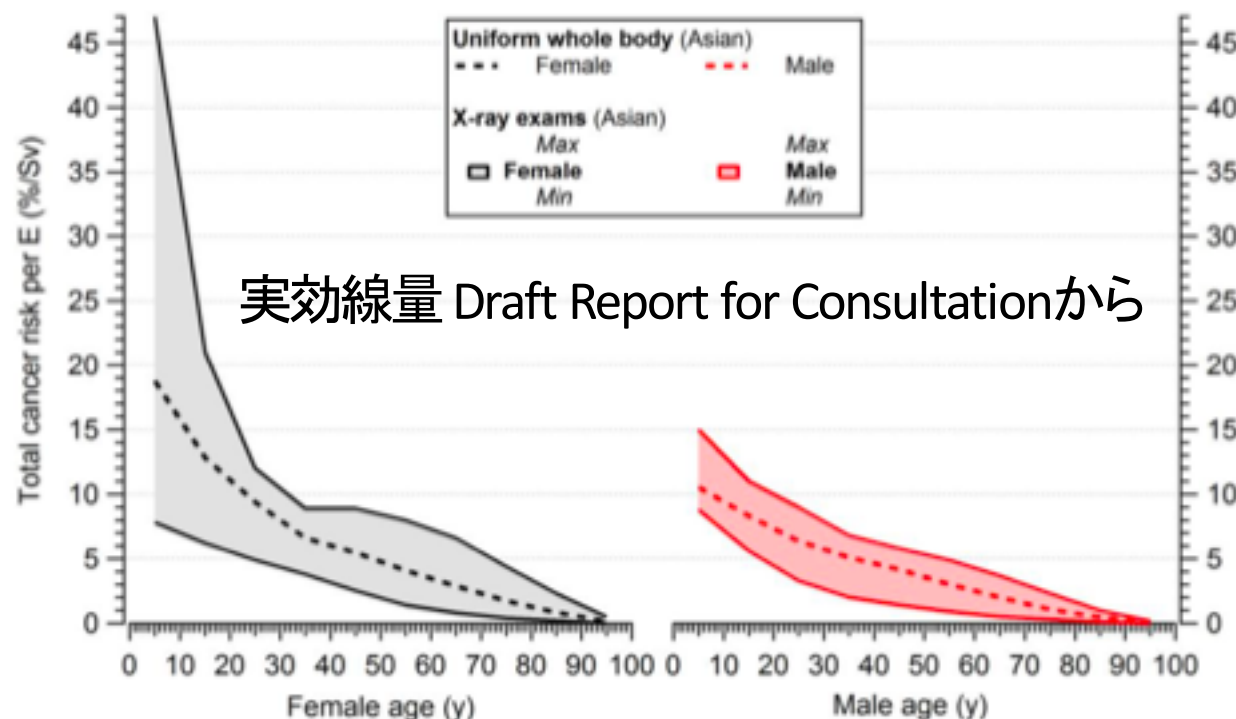


Fig. 5.1. Total lifetime risk of cancer incidence per unit effective dose (cases per 100 per Sv: %/Sv) as a function of age at exposure and sex for a range of x-ray examinations (Table 5.4) and for uniform whole-body exposure of a composite Asian population (Table 2.5). Note that the upper and lower curves show the maximum variation in overall lifetime risks per Sv resulting from the various combinations of organ / tissue doses for the different procedures and the application of specific risk models.

実効線量は臨床家と患者に対するリスクミの目的に、異なる医療行為を大まかにカテゴリー分けする指標に使用できる

Table 5.2. Dose ranges and terminology for describing risks from different medical procedures for adult patients of average age (30-39 years) based on UK data (Martin, 2007a; Wall et al., 2011; Martin and Sutton, 2014). 実効線量 Draft Report for Consultationから

Effective doses (mSv)	Risk of cancer	Proposed term for dose level	Examples of medical radiation procedures within different dose categories ^b
< 0.1	Inferred < 10 ⁻⁵	Negligible	Radiographs of chest, femur, shoulder limbs, neck, and teeth, ^{99m} Tc sentinel node imaging, radionuclide labelling for in vitro counting with ¹⁴ C and ⁵⁷ Co.
0.1–1	Inferred 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁴	Minimal	Radiographs of spine, abdomen, pelvis, head and cervical spine, radionuclide labelling for in vitro counting with ⁵¹ Cr. ^{99m} Tc for imaging lung ventilation and renal imaging.
1–10	Inferred 10 ⁻⁴ – 10 ⁻³	Very low	Barium meals, CT scans of the head and combinations of chest, abdomen, and pelvis, barium enemas, cardiac angiography, interventional radiology; ^{99m} Tc myocardial imaging, lung perfusion ^{99m} Tc for imaging lung perfusion, ^{99m} Tc imaging of bone lesions, cardiac stress tests and ^{99m} Tc SPECT imaging; imaging with ¹⁸ F, ¹²³ I, and ¹¹¹ In.
10–100	10 ⁻³ – 10 ⁻² based on LNT model ^a	Low	CT scans of chest, abdomen, and pelvis, double CT scans for contrast enhancement, interventional radiology; ⁶⁷ Ga tumour, and ²⁰¹ Tl myocardial imaging; multiple procedures to give doses of 10s mSv, endovascular aneurysm repair. (10-35 mSv). Renal/visceral angioplasty, Iliac angioplasty, follow-up of endovascular aneurysm repair. (35-100 mSv).
100s	>10 ⁻² based on epidemiology ^a	Moderate	Multiple procedures and follow-up studies.

^aRisk bands are lifetime detriment adjusted incidence to nearest order of magnitude.

^bEffective doses based on UK for diagnostic procedures and ICRP (2010b) for interventional radiology.

討論のポイント

1. 特定年齢の標準人の男女平均で計算し、外部被ばくと内部被ばくの合計量をリスクで調整して得た防護量
 - 最適化、限度などの基準比較に使用
 - 100mSv以下で使用
 - 例外的に緊急時では1Sv程度まで
2. 等価線量は実効線量計算の中間量
 - Gy: 臓器線量の単位 Sv: 実効線量の単位
 - 実効線量の使用は、確率的影響の管理に
 - 等価線量は臓器・組織の線量限度には用いない
3. 実効線量はリスクの近似指標であるが、リスク代替ではない
 - リスクは年齢、性、集団に依存