



正しく放射線を理解するために

市立函館病院
中央放射線部

放射線とは？

放射線とは、すべての電磁波（太陽光、X線、ガンマ線など）および粒子線（アルファ線、ベータ線、中性子線など）のことをさします。

代表的な放射線としては、X線（レントゲン線）の他にアルファ線（ α 線）、ベータ線（ β 線）およびガンマ線（ γ 線）がよく知られていますが、それ以外にも中性子線、電子線、陽電子線などがあります。

放射線の単位

放射線の単位には、グレイ、シーベルトを用います。

吸収線量: グレイ(Gy)

単位質量に吸収される放射線のエネルギー量であらわされます。

単位としてはマイクログレイ(μ Gy)、ナノグレイ(nGy)などが通常よく使われます。

(マイクログレイ(μ Gy)はGyの $1/1000000$ 、ナノグレイ(nGy)はGyの $1/1000000000$)

放射線の単位

実効線量:シーベルト(Sv)

吸収線量に放射線の種類等の補正を行い放射線が人体に及ぼす影響を含めた線量をあらわします。単位としては、ミリシーベルト(mSv)、マイクロシーベルト(μ Sv)などが通常よく使われます。

(ミリシーベルト(mSv)はSvの1/1000)

人体への影響を評価する場合には、放射線の全身被ばくに対する確率的影響(がん、遺伝的影響等)のリスクを表す指標として実効線量が用いられています。

放射線と放射能は違うの？

放射能と放射線は異なります！

放射能とは・・・

放射線を出す能力、放射線を出す元素及び物質のことです。

わかりやすく身の回りにある電灯でたとえると

- ・電球が放射性物質
- ・電球から出る光が放射線
- ・光を出す能力が放射能

となります。



自然界にも放射線はあります

医療で受ける放射線（人工放射線）のほかに、
宇宙や大地、食物や大気など…

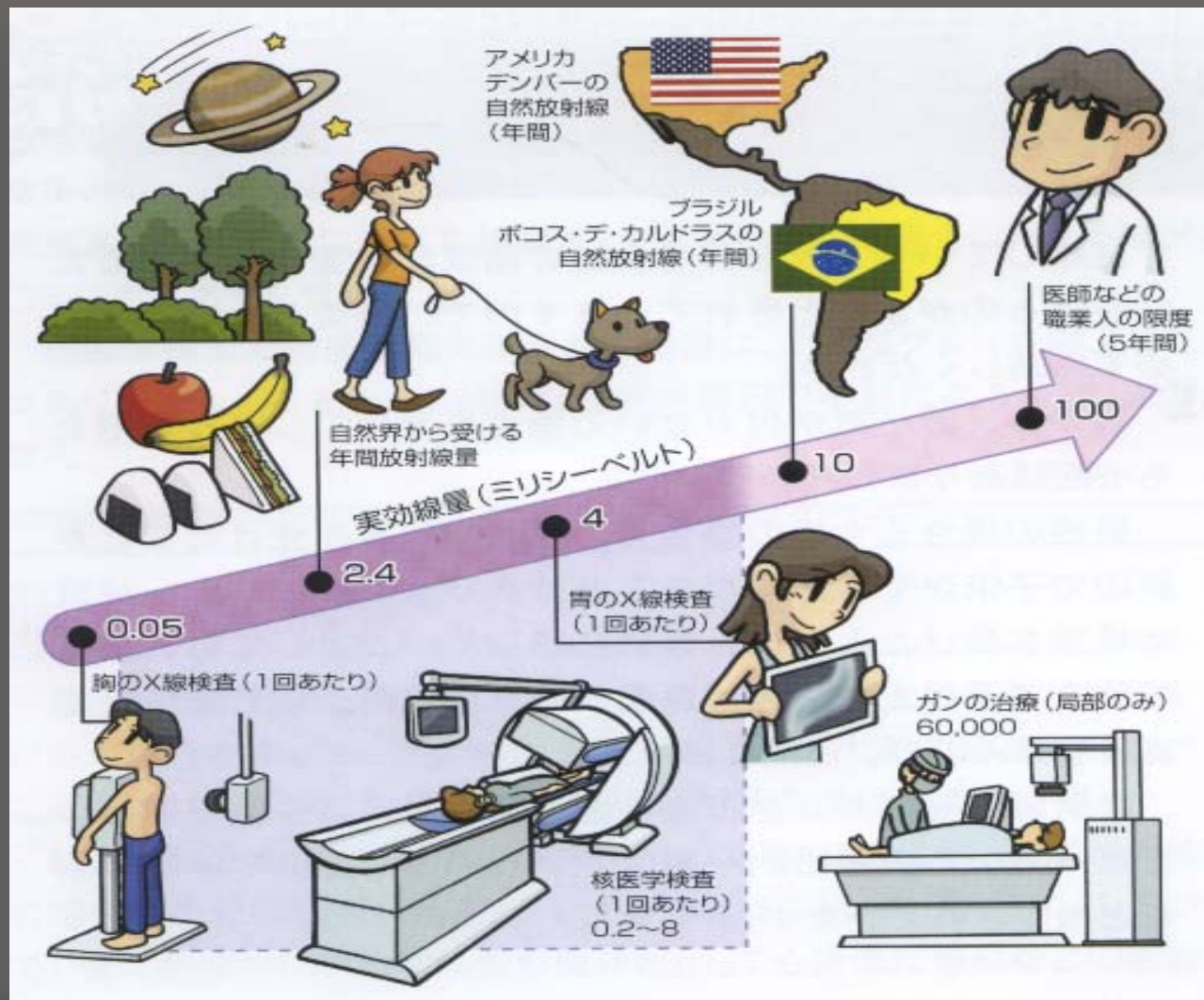
日常生活の中で避けることのできない自然放射線を受けています。

↓ たとえば…

生活に身近なものとして、
テレビや蛍光灯からも弱い放射線が発生

➡ 一人当たり1年間に平均2.4mSvの自然放射線を受けています。（日本では平均1.4mSv（1988年））

日常生活と放射線



医療被ばくについて

放射線の被ばくは、
「職業被ばく」と「医療被ばく」の2つに分けられます。

職業被ばくとは・・・

診療放射線技師や医師、看護婦などが仕事の上で受ける被ばくのことです。

これには、ICRP(国際放射線防護委員会)勧告に基づいて、これ以上受けてはならないという被ばくの限度(制限)が定められています。

医療被ばくとは・・・

患者さんが病気の診断や治療の為に、あるいは健康診断などの為に受ける被ばくのことです。

職業被ばくと異なり、被ばくの限度はありません。

医療被ばくについて

なんで医療被ばくには限度がないの？



被ばくする線量を制限することによって患者さんの病気の発見や病気の治療が損なわれる可能性があるからです。

その反面

放射線の利用は人体に対し、放射線障害を引き起こす危険性(リスク)をあわせもっています。



放射線検査を安全に行うために、放射線防護の3原則にしたがって被ばくの低減に努めなければなりません。

放射線防護の3原則

放射線防護に関するICRP(国際放射線防護委員会)の勧告

① 行為の正当化

放射線被ばくを伴いかなる行為もその導入が正味でプラスの便益を生むのでなければ採用してはならない。

→X線検査をするにあたり、その検査がプラスの結果を生じるものでなければ行ってはなりません。

② 放射線防護の最適化

正当化された行為であってもその被ばくは経済的および社会的要因を考慮に入れながら、合理的に達成できる限り低く保たなければならない。

→X線検査の正当化が確認された場合でも、検査を行うにあたっては患者さんの被ばくをできるだけ少なくするようにしなければなりません。

③ 個人線量の限度

いろいろな被ばくによって個人が受ける線量当量について、超えてはならない年線量限度を設ける

(職業被ばくに関する制限)

放射線による被ばくと影響

放射線の人体への影響は大きく分けて身体的な影響と遺伝的な影響があります。

・身体的影響

放射線に被ばくしたその人、個人に起こる影響
症状が現れる時期によって急性障害と晩発障害があります。

急性障害は、被ばく後、数週間以内に現れる症状のことで、
晩発障害は、被ばく後、数ヶ月あるいは数十年の潜伏期を経て
発生する症状のこと

・遺伝的影響

放射線に被ばくした個人ではなく、その子孫に起こる影響

放射線による被ばくと影響

放射線防護の立場から

確率的影響と確定的影響にも分けられる場合があります。

・確率的影響とは・・・

「影響の起こる確率が受けた被ばく量とともに増えていくという影響」のことです。

→ 癌や老化の促進および遺伝的影響など

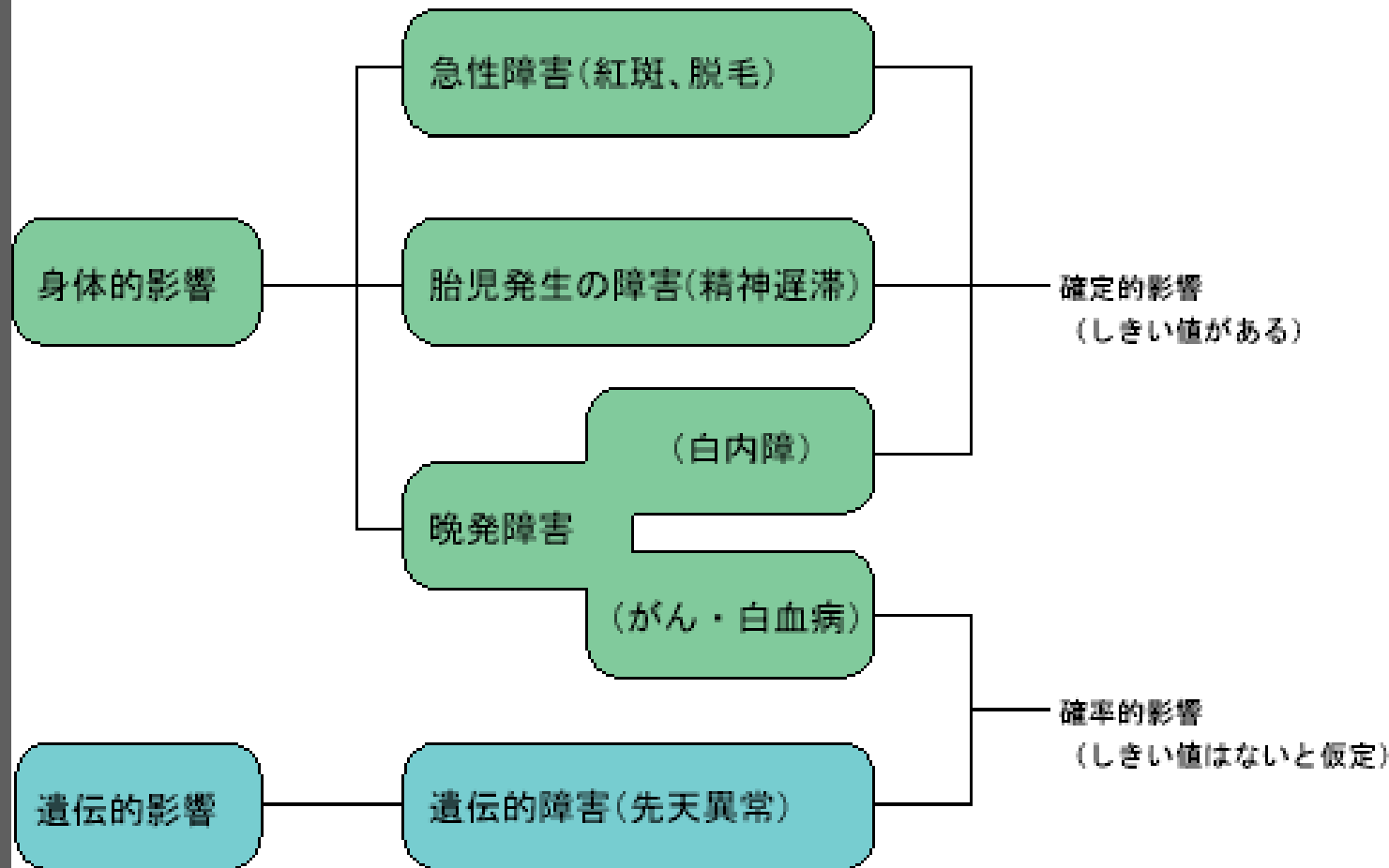
・確定的影響とは、

「ある程度の被ばく量までは影響を受けないが、ある一定の量を超えるたくさんの放射線を受けると起こる影響」のことです。

→ 白内障や不妊、脱毛など

放射線による被ばくと影響

放射線の人体への影響



実際の検査では？

- ①一般撮影検査
- ②ポータブル撮影検査
- ③X線TV検査
- ④CT (Computed Tomography) 検査
- ⑤核医学検査

※治療目的のものは除外

(放射線治療、IVR: interventional radiology)



① 一般撮影検査

一般撮影ってどんな検査？

一般撮影とは、テレビや携帯電話の電波、コタツの赤外線、日焼けの原因である紫外線などの電磁波と仲間である、X線という電磁波を用いて行う検査です。

<X線>

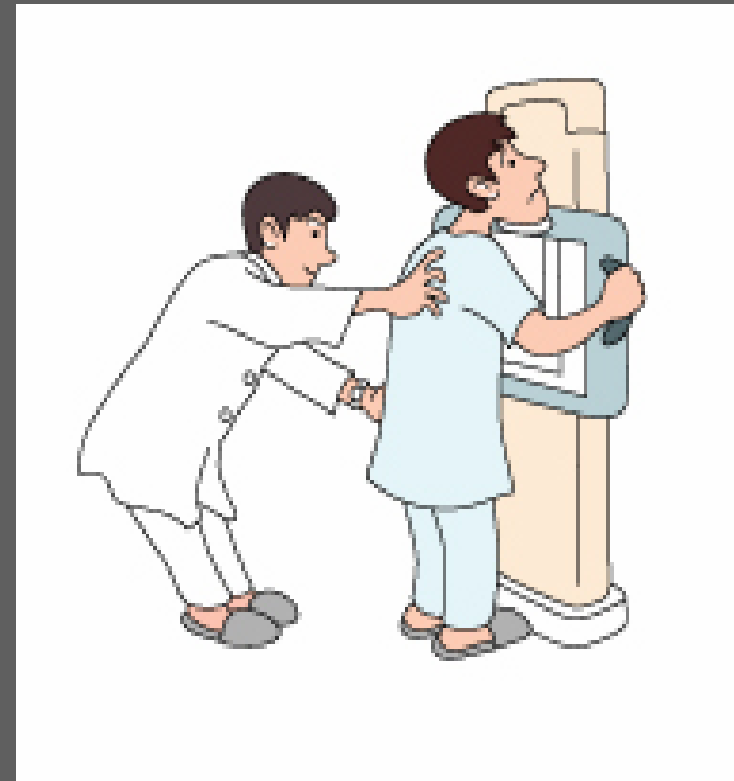
X線は、人体等を透過する力が強く、また、骨や筋肉などの組織の違いによってその透過力が異なってきます。

この透過したX線をフィルムに写すことによって、白黒の濃淡から異常病変や骨折などを写すことができます。

どんな検査があるの？

1. もっとも頻繁に行われる検査として、胸部X線単純撮影があります。この撮影では主に、心臓・肺・気管・大動脈などの組織・臓器の観察などを行います。

また、腹部領域のX線単純撮影では、腸管のガス、結石、骨などさまざまな情報を知ることができます。



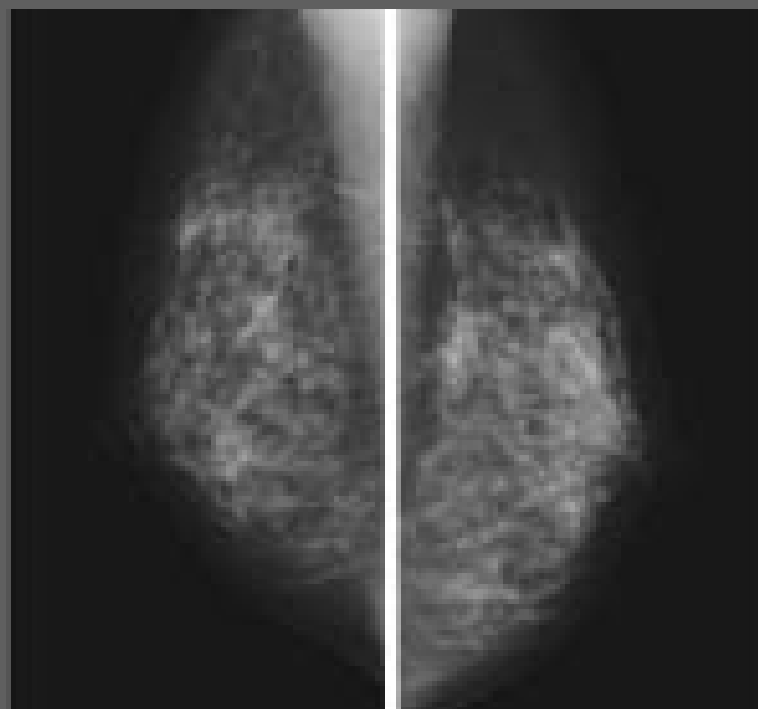
2. 手や足のX線単純撮影では、骨、筋、腱などの組織の状態を確認することができ、一般的に、骨折や捻挫などの確認のために行われます。

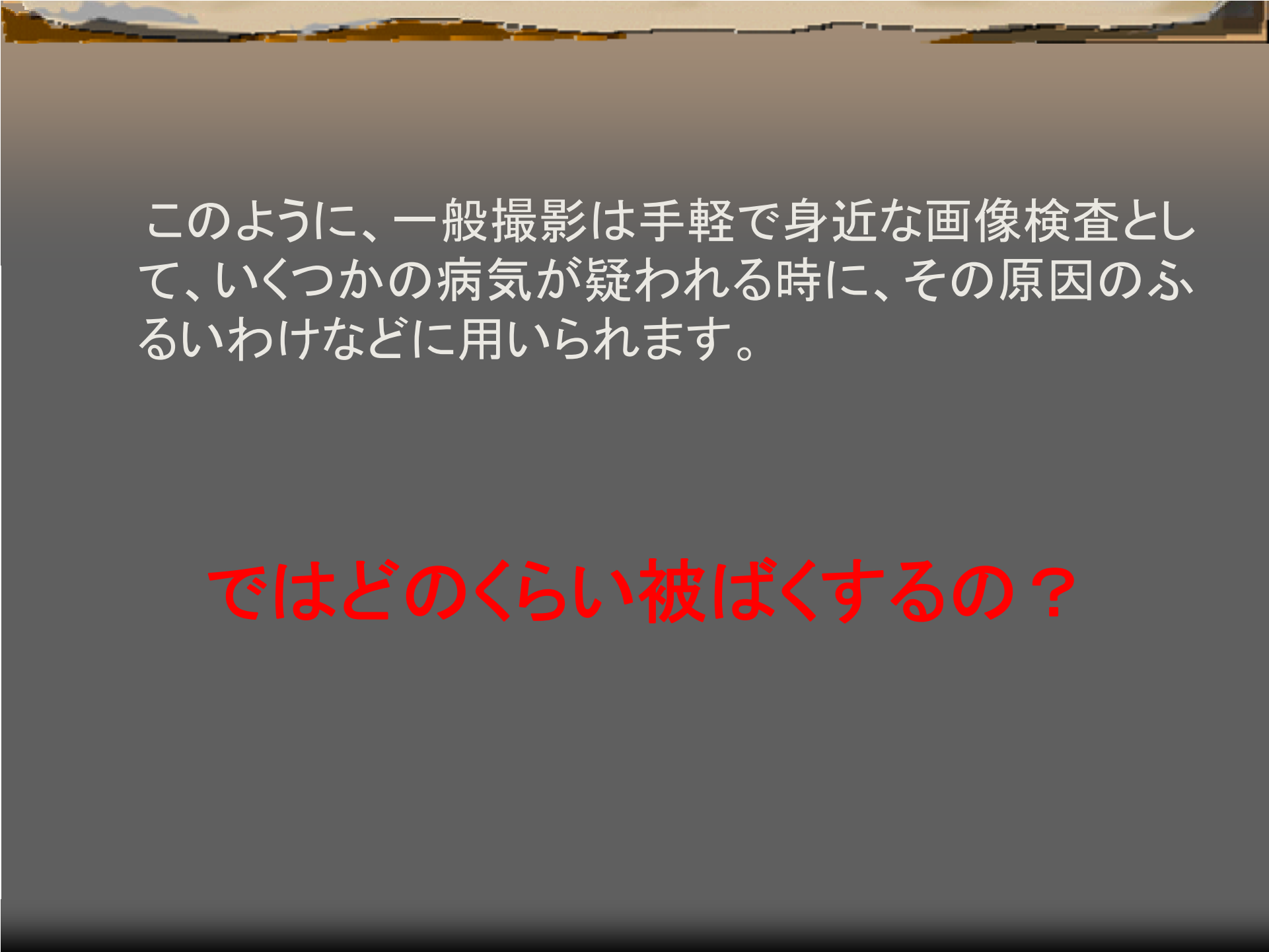


3. 乳房撮影

乳房の大部分は乳腺と脂肪組織でできているため、普通のX線写真とは違い、専用のX線撮影装置やフィルムを使って撮影します。

からだの外側からの診察では判りにくい病気や、しこりが触れる場合にはそれがどのような（良性や悪性等）ものなのかをマンモグラフィの写真を見ることで乳房にできる大半の病気を見つけることができます。





このように、一般撮影は手軽で身近な画像検査として、いくつかの病気が疑われる時に、その原因のふるいわけなどに用いられます。

ではどのくらい被ばくするの？

X線単純撮影における医療被ばくガイドライン2006 [mGy]

撮影部位 (撮影方向)	日本放射線技師会 放射線診療における低減目標値
頭部(正面)	3
頸椎(正面)	0.9
胸部(正面)	0.3
乳房	10
腹部(正面)	3
腰椎(正面)	5
骨盤(正面)	3
股関節(正面)	4
膝関節(正面)	0.5
足関節	0.2
手指部	0.1
小児胸部正面	0.2
小児腹部正面	0.7

1.目標値設定の考え方

現在考えうる最高の技術を用いて実現できる被ばく線量を指標とするのではなく、現在行われている最適化にもう一步の努力や改善を加えることで、大半の施設が達成できる被ばく線量を目安としています。

2.目標値設定の根拠

わが国の各施設でのX線撮影の照射条件のアンケート調査から、各撮影の被ばく線量を実測あるいは推定した報告書を参考に、各調査集団の特性等を考慮して代表値を決定する手法を採用しています。

まとめ

医療で主に用いる放射線の量を表す単位は、吸収線量の単位であるGyと放射線防護上で用いられるSvを使用しています。Svは、放射線防護の分野で特別に決められた線量を表す単位で、X線・ γ 線については $Gy \doteq Sv$ と考えても差し支えありません。

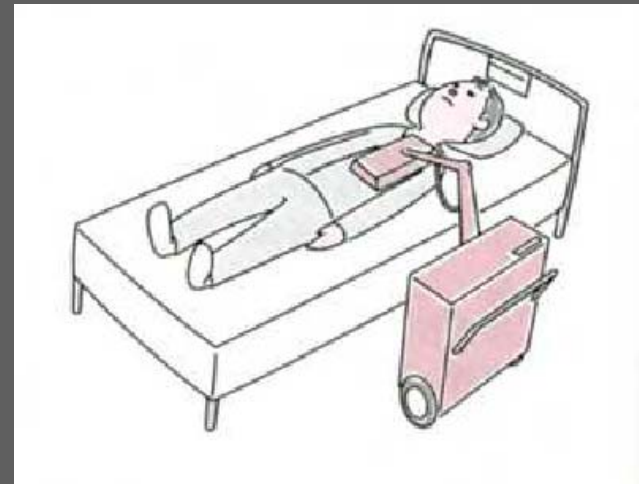
よって前述の通り、一年間に被ばくする自然放射線量が2.4mSvであることを考えると、一般撮影では少ない被ばく線量で有益な情報を得ることができると言えます。



② ポータブル撮影検査

ポータブル撮影ってどんな検査？

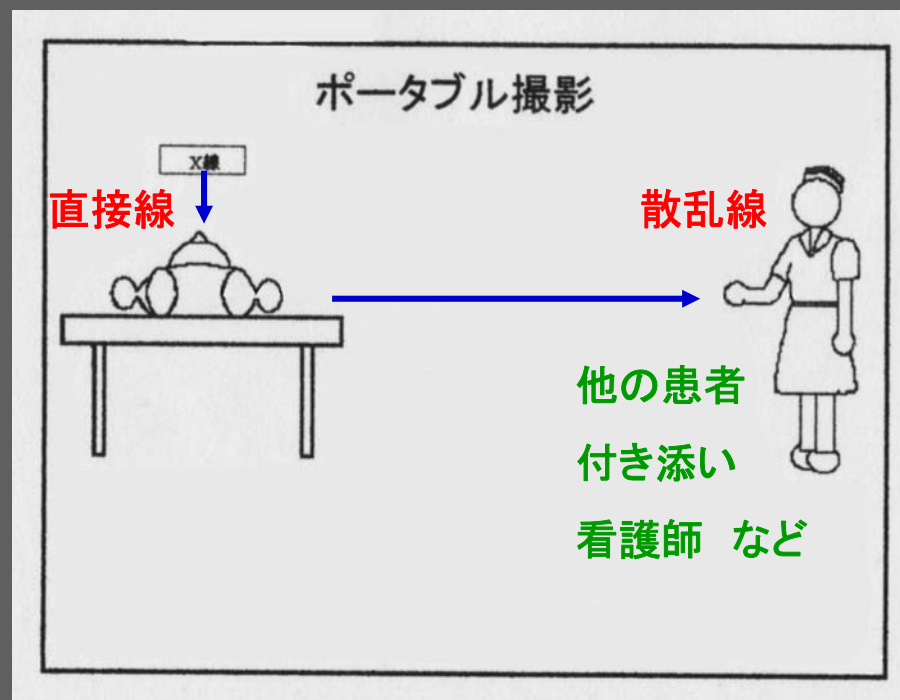
ポータブル撮影検査とは、重症患者や手術中の患者等で一般撮影室に移動することが困難な場合において、管理区域外の一般病室あるいは手術室内で移動型X線撮影装置により撮影を行う検査です。



どんな部位を撮影するの？

胸部撮影がほとんどですが、腹部など他の部位の撮影もあります。

ポータブル撮影の様子(被ばく)



被験者の被ばく

被験者は、撮影時直接線による被ばくを受けます。



- ・どれぐらい被ばくするのか？
- ・その量は、一般撮影装置と比べてどうなのか？

一般撮影装置とポータブル撮影装置の被ばくの差 (吸収線量による比較)

	一般撮影装置	ポータブル装置
胸部正面	0.2 (120kv200mA40msec)	0.3 (66kv6.4mAs)
腹部正面	0.5 (90kv320mA0.1sec)	1.2 (80kv16mAs)
(胸部側面)	1.4 (120kv320mA0.09sec)	2.3 (90kv25mAs)

単位:mSv



一般撮影装置とポータブル撮影装置の被ばくの差は？



全般的にポータブル撮影の方が被ばくが多い！

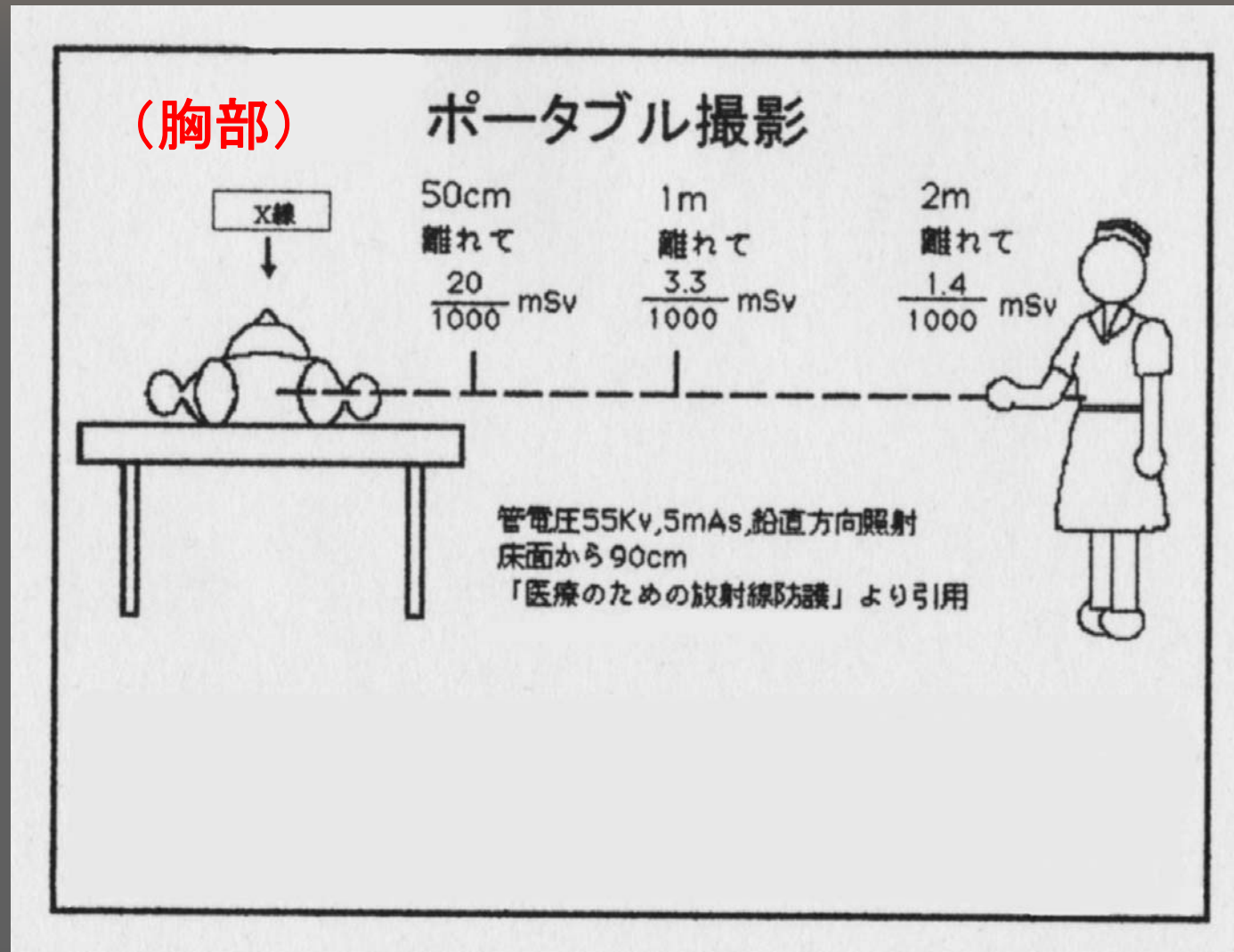
それでは...

同室患者がポータブル撮影を行った場合、
周りの人はどれぐらい被ばくするの？

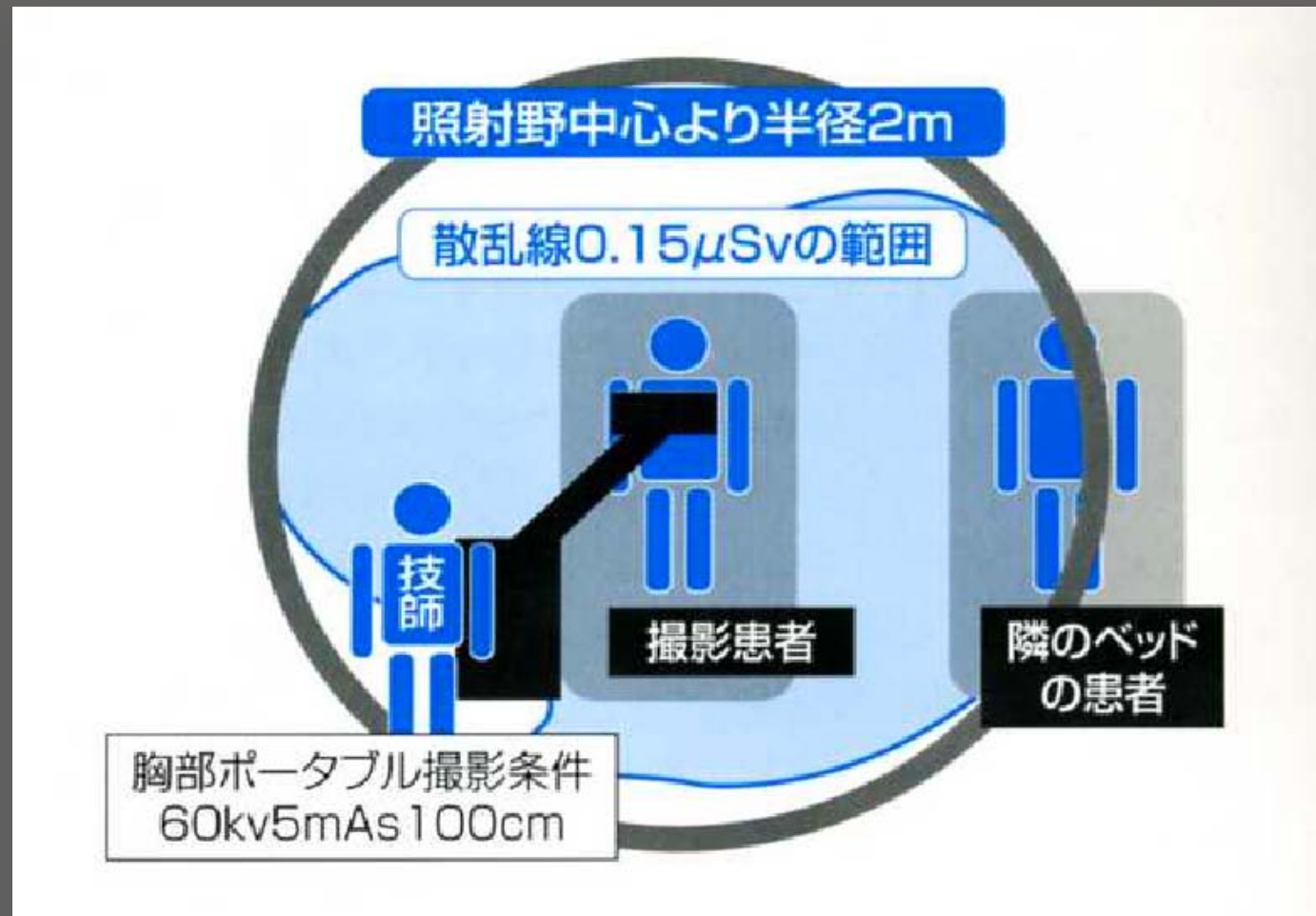


散乱線による被ばく！

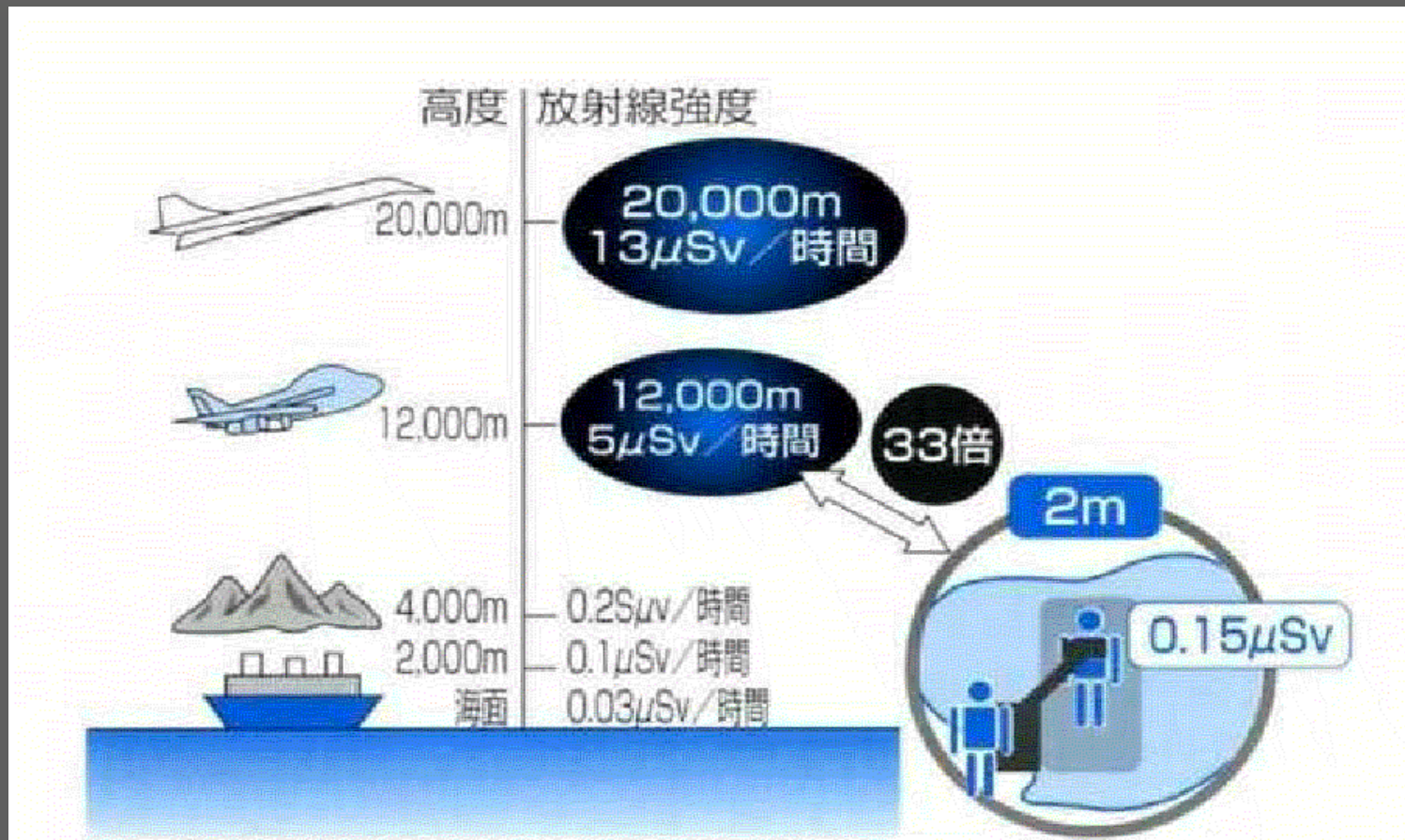
ポータブル撮影による周辺被ばく(1)



ポータブル撮影による周辺被ばく(2)



自然放射線との比較



病室における線量限度

病室内における放射線被ばくの量：

1.3mSv/3カ月



ポータブル撮影における同室患者(家族、看護師など含む)の被ばくが線量限度を超えることはありません。

職業人との比較

- 職業人 …… 年最大 50mSv
5年最大 100mSv
- 一般人 …… 年間 1mSv
- ポータブルの被ばく(胸部) 0.0001mSv/2m
(腹部) 0.0005mSv/2m

まとめ

ポータブル撮影において、被験者本人が受ける被ばくは、自然界から受ける被ばく以上になることは無く、また、周辺被ばくに関しても、被験者から1.5～2m離れた場合の一回撮影あたりの線量が、胸部撮影で0.2～0.1 μ Sv、腹部撮影で0.5～1 μ Sv程度となり、放射線管理上問題とならないレベルまで十分に低減できます。

したがって、撮影の際に被ばくを必要以上に恐れ、病室から大急ぎで退出する必要は無く、1.5～2m離れれば全く問題ありません。

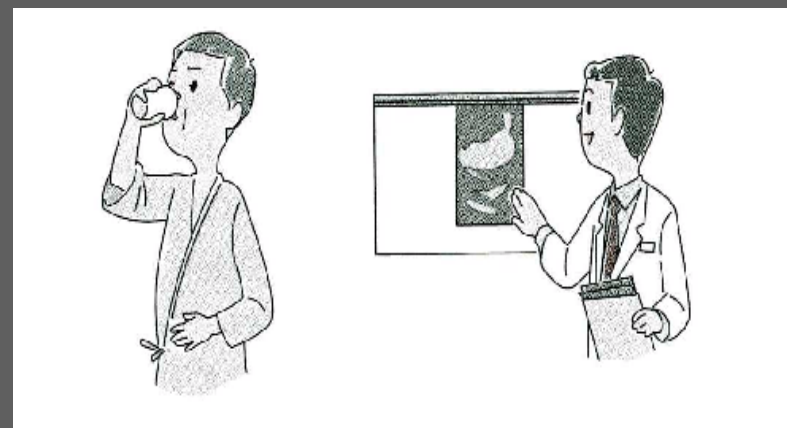


③ X線TV検査

X線TVってどんな検査？

X線TV検査とは、X線を人体に連続して照射することで、骨、臓器の形態や動きを見ることができる検査です。

また、造影剤(目的臓器が写りやすくなる薬剤)を使用しながら行う検査が数多くあります。バリウムを飲む胃透視検査や、大腸の中にバリウムを入れて検査する注腸検査、造影剤を使った脊髄腔造影、子宮卵管造影、腎膀胱造影検査などがあります。



X線TVの最も多い検査は？

- 上部消化管検査
- 下部消化管検査

上部消化管検査

バリウムと発泡剤(胃を膨らませる薬)を飲んでいただき、胃の形態、胃内粘膜および、食道、十二指腸にある病変を診断します。検査前数日の食事制限があります。

検査時間は約10分前後で、検査後はバリウムが排泄されるため、便が白くなったり、人によって便が固くなったりします。水分は多めにとるようにしてください。



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～

放射線診療(診断)で使用する放射線量の適正化を、責任を持って実践するように、日本放射線技師会が具体的な指標を提示したものです。

検査名	1検査当たりの線量(mGy)
上部消化管検査	100
下部消化管検査	200

上部消化管検査時の主な組織・臓器線量

組織・臓器名	組織・臓器線量 (mGy)
胃	11.67
肝臓	8.95
膵臓	8.05
脾臓	7.05
子宮	0.47
精巣	0.01
卵巣	0.49
実効線量	3.1 (mSv)

下部消化管検査

肛門に管を留置し、バリウムと空気を注入して大腸を膨らませ、大腸の形態、粘膜の病変、他器官の病変による圧迫、通過障害などを診断します。検査前数日の食事制限があります。

検査時間は約30分前後で、長い大腸をくまなく観察するために、体を左右に動かしたり、台を上下に動かし、いろいろな角度から撮影を行います。



下部消化管検査時の主な組織・臓器線量

組織・臓器名	組織・臓器線量 (mGy)
胃	1.41
肝臓	0.52
膵臓	0.44
脾臓	0.45
子宮	29.72
精巣	6.93
卵巣	26.09
実効線量	9.24 (mSv)

消化管検査の被ばく影響

上部消化管検査

確定的影響(不妊・皮膚障害など)が現れることはなく、また確率的影響(発がんなど)は頻回に実施しなければ特に心配する必要はありません。

組織・臓器線量はほとんどが50mGy以下です。

ただし、胃下垂などのように骨盤腔内に胃がある場合、生殖腺に直接X線が照射されることがあります。

下部消化管検査

確定的影響が現れることはなく、また確率的影響は頻回に実施しなければ特に心配する必要はありません。

生殖腺に直接X線が照射される体位(撮影)も多くあります。

組織・臓器線量はほとんどが50mGy以下ですが、検査方法によっては100mGyを超える可能性もあります。

まとめ

X線TV検査においては、検査のみならず、治療目的で行う場合も多いため、被ばく線量一般撮影と比較して多くなる傾向にあります。

しかし、頻回に行わなければ身体的影響の心配はありません。



④ CT検査

CTってどんな検査？

CT検査とは、X線を回転させながら身体に照射し、透過したX線の吸収差を検出器で収集して、コンピュータ処理することによって、身体の内部（横断面）を画像化する検査で、造影剤を使用する場合も多いです。

最近では検出器の多列化が進み、短時間に広い範囲を細かく撮影することができ、広範囲の詳細な多断面画像、立体画像も提供できるようになっています。



検査する部位は？

頭頸部から胸部、腹部、四肢に至るまでほぼ全身の検査を行います。

また、造影剤を使用した血管系の検査も多く、手術前、後の状態把握にも欠かせません。最近では、このCT検査で心臓の血管(冠状動脈)の評価も行えるようになりました。

造影剤って？

簡単に言えば、血管や病巣をわかり易くして、より正確な診断が可能になる薬剤です。

CTの造影剤はヨード造影剤で腕などの静脈から注入します。この時、少し身体が熱く感じるがありますが、すぐに消失するので心配ありません。

副作用は？

発疹、吐気、かゆみなどの軽症のものから、ショックに至るものまで様々あります。しかし、副作用が生じた時には、すぐに適切な処置がとれるようにしておりますので心配ありません。

また、造影剤は腎臓から尿中に排泄されるため、検査後は水分を多めに摂るようにして下さい。

以前に副作用が出た方や、アレルギー、喘息、腎疾患などがある方は造影剤を使用できない場合があります。

線量低減目標値 ～医療被ばくガイドライン2006～

X線CT 成人

検査部位	CTDIvol(mGy)
頭部	65
腹部	20

アクリル製(PMMA)円筒形ファントム(頭部用:直径16cm、腹部用:直径32cm)

各CT検査における装置の指示値と測定値との比較

部位	指示値 (CTDIvol)	卵巣線量	子宮線量
頭部	71.3	0.02	0.01
胸部	4.5	0.31	0.18
腹部(肝)	6.4	3.16	1.22
骨盤	14.2	14.0	16.4

(CTDI:ヘリカルCTにおけるビーム重複補正)

単位:mGy

まとめ

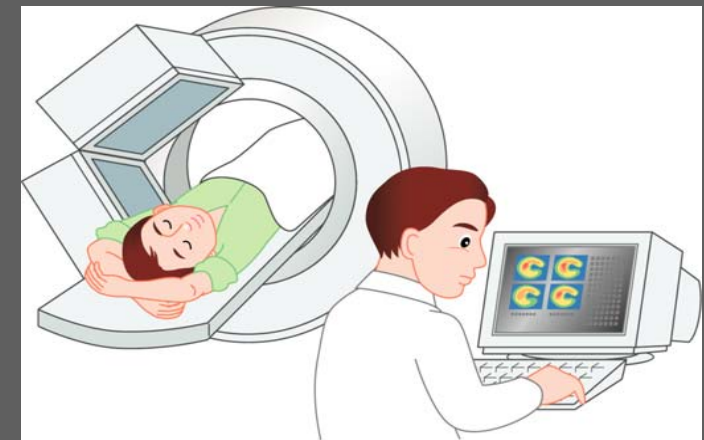
CT検査は、一般撮影検査などと比較すると確かに被ばく線量が多いです。しかし、診断、治療、経過観察などを行う上で検査により得られる情報は非常に多く、X線TV検査などと同様に頻回に行わなければ身体的影響の心配はありません。



⑤ 核医学検査

核医学ってどんな検査？

微量の放射性同位元素（ラジオアイソトープ）で目印をつけた薬（放射性医薬品）を静脈注射やカプセル内服によって体に入れて、外からガンマカメラで撮像し、臓器の働き、病巣の有無を苦痛なく短時間で診断する検査です。



核医学検査で使う薬はどんな薬なの？

普通の医薬品と異なり、 γ (ガンマ) 線などの放射線を放出して減衰(時間の経過とともに効力を失う)していくラジオアイソトープを含む薬品です。



※薬の効力(放射能)が半分になるまでの時間を半減期と呼びます。

最も多く用いられているアイソトープ

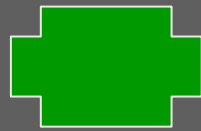
核種	半減期
テクネチウム—99m (99mTc)	6時間
ヨウ素-123 (123I)	13時間
ガリウム-67 (67Ga)	3.2 日
タリウム-201 (201Tl)	3 日

核医学検査で最も多く用いられている 99mTc の半減期 は非常に短く、1日経過すると $1/2^4 = 1/16 = 0.0625$

核医学検査で使われる(薬剤放射性医薬品)の半減期は6時間～3日と短いため在庫を抱えることができません。

身体に入ったアイソトープはどうなるの？

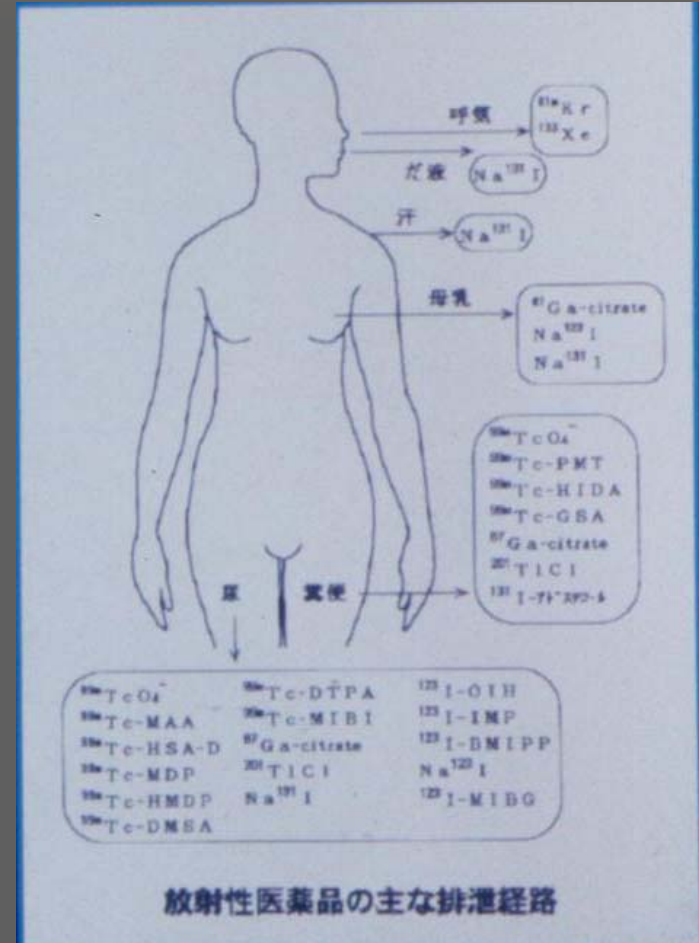
多くの医薬品同様、体内で代謝を受け、尿、糞便等とともに体外に排泄。



アイソトープ自身の放射性崩壊による減衰。



この2つによって体内のアイソトープは減衰していきます。



主な核医学検査と放射性医薬品

甲状腺シンチグラム

^{131}I カプセル

副腎シンチグラム

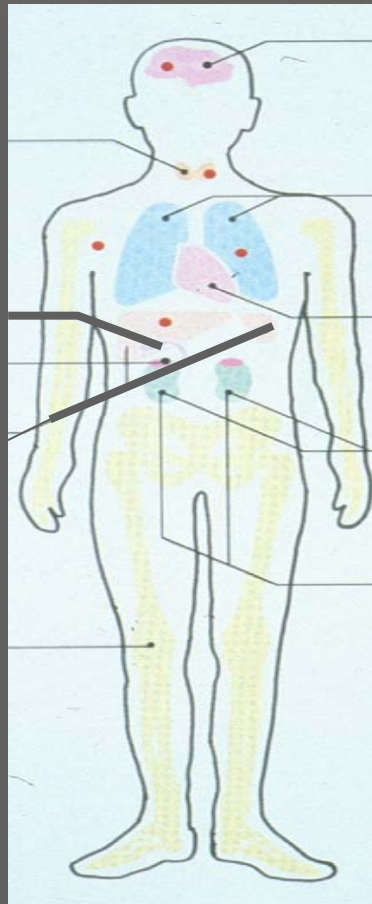
^{131}I MIBG
 ^{131}I アドステロール

骨シンチグラム

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP

腫瘍シンチグラフィ

^{67}Ga / ^{201}Tl



脳血流シンチグラム

^{123}I -IMP

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD

肺シンチグラム

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA

心筋シンチグラム

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI / ^{201}Tl

^{123}I MIBG

腎シンチグラム(動態)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA

腎シンチグラム(静態)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA

副作用はあるの？

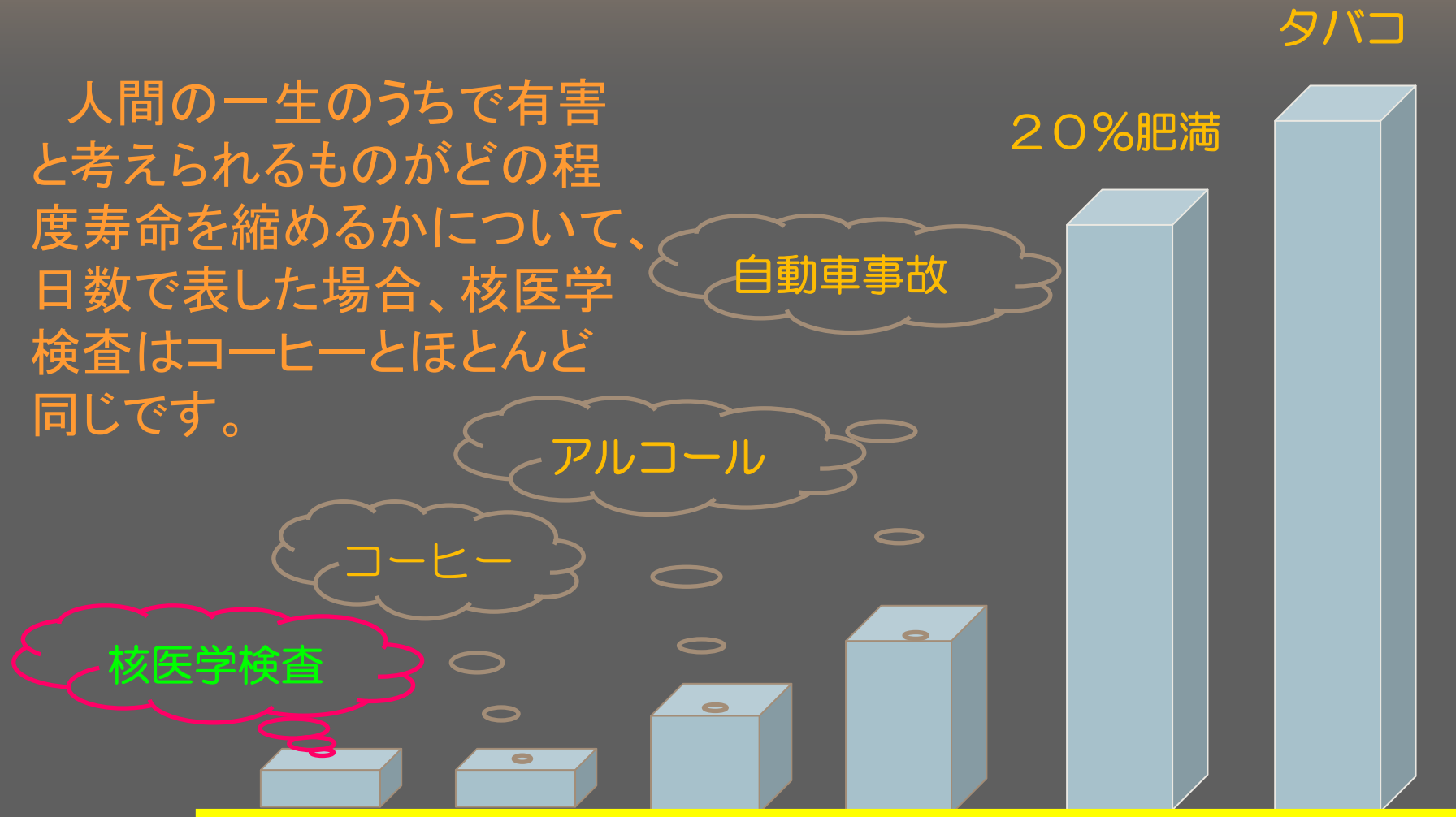
放射性医薬品は、投与量が非常に少なく、一般医薬品に比べて副作用が極めて少ないのが特徴です。最近5年間の副作用調査にて 2.1～2.5件 / 10万件とごく稀に副作用が報告されています。

報告された副作用

発疹、嘔気、悪心、皮膚発赤、顔面紅潮、そう痒感

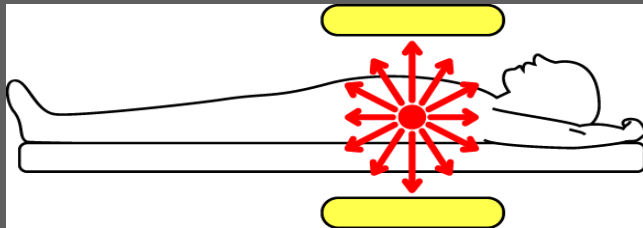
核医学検査の安全性

人間の一生のうちで有害と考えられるものがどの程度寿命を縮めるかについて、日数で表した場合、核医学検査はコーヒーとほとんど同じです。

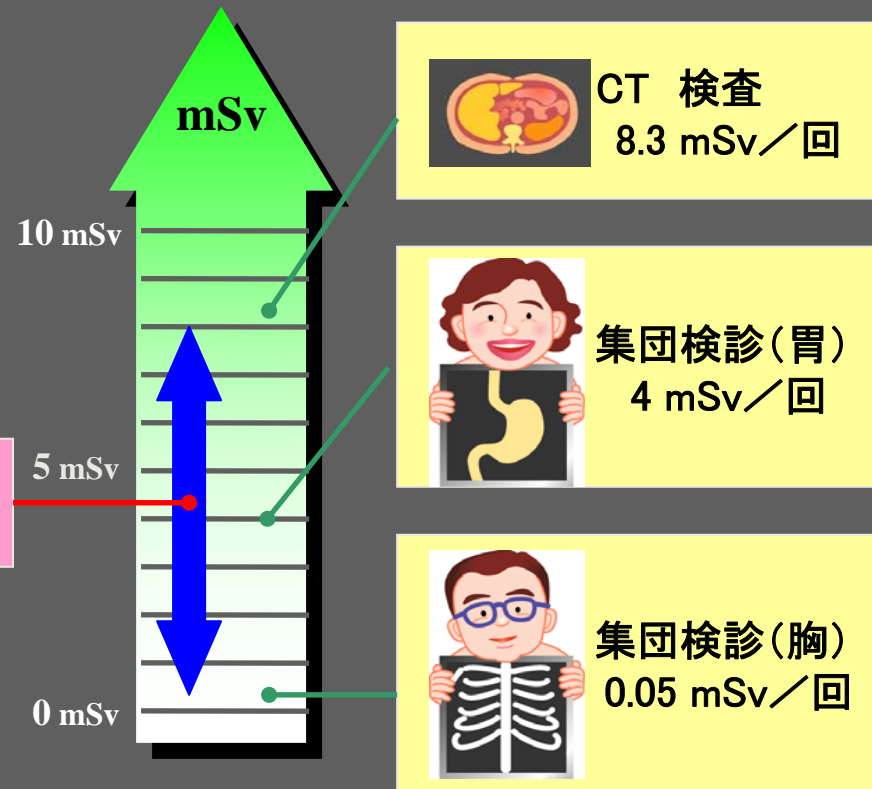


被ばくはどれくらい？

核医学検査の種類にもよりますが、被ばくは0.2～8mSv/検査で、X線検査と同程度と考えて差し支えありません。



核医学検査
0.2～8 mSv

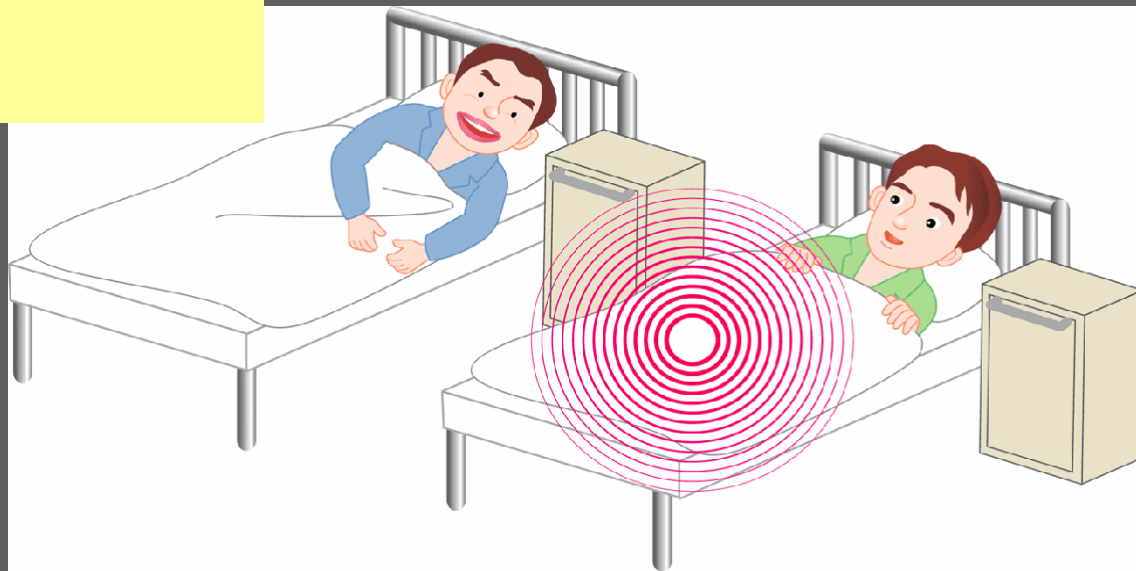


周りの患者さんへの影響は？

核医学検査後の患者さんから受ける放射線の影響

同室の患者さんでも積算線量で
0.05 mSv程度

胸部X線 1枚程度



核医学検査の周りへの影響

患者さんと家族との接触

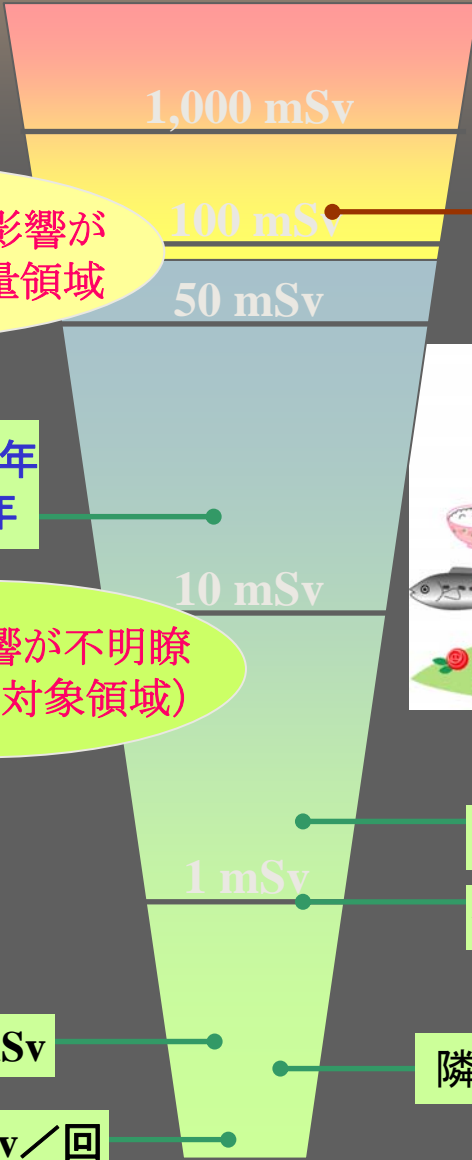
終了後数時間は乳児や幼児を抱くことは避けたほうが望ましいです。

授乳中の女性

- 使用した薬剤によっては制限
- 乳幼児などへ口移しで食べ物を与えるなどという行為

→ 制限の必要あり





統計的に健康への影響があるとされている線量領域

発ガン増加が確認されるしきい線量 200 mSv

職業被ばく線量限度 100 mSv/5年
50 mSv/年

健康への影響が不明瞭 (放射線防護対象領域)



体外から	宇宙線から	0.38 mSv
	大地から	0.46 mSv

体内から	空気中から	1.3 mSv
	自分の体内から	0.24 mSv

自然界から 2.4 mSv/年

公衆線量限度 1 mSv/年

成田 - ニューヨーク往復 0.09 mSv

隣の患者さんが受ける線量 0.05 mSv

オムツ交換で受ける線量 0.0005 mSv/回

まとめ

核医学検査における被ばくは、検査の種類によって異なりますが、他のX線検査と同様に、普通の生活で人が自然界から受ける年間放射線量と同程度であり、それによってただちにデメリットを受ける量ではありません。

実際の検査のまとめとして...

- ・放射線による医療上の検査は確かに被ばくはありますが、検査を行うことによって得られる結果が非常に大きいいため、検査目的など主治医から十分に説明を聞いて検査を受けて下さい。
- ・放射線技師は十分な結果が得られるよう放射線の量を工夫して検査を行っておりますので、安心して検査を受けて下さい。



放射線の安全性

X線検査を受けるときに気になること

- ・写真を一度に何枚も撮影する
- ・何回もX線検査をしている
- ・X線検査をしたとき撮影室と一緒にいた

気になる…

X線検査は、病気の発見や治療の経過観察をするために医師が必要と判断した必要最低限の枚数分だけ撮影していますが、検査部位や症状によりいろいろな方向から撮影したり、より精密な観察が必要な場合に撮影枚数が増えたりします。

→ 一般的なX線写真の検査による被ばくは数mSvであり、自然界から年間受けている被ばく線量(2.4mSv)と比較しても少ないかほとんど差はありません。

妊娠または妊娠可能な女性が放射線の検査を受けるときは…？

- ・胸部X線検査の場合、X線は腹部には当たりません。
胸部写真を何枚撮っても生殖腺被ばくはほぼゼロと考えられています。
- ・胎児に影響を与える放射線量は100mSvを超える量といわれています。
腹部では約100回分の検査を一度に受けなければ100mSvにはなりません。



それでも不明な場合は…

胎児に異常を引き起こす要因にはさまざまなものがあります。
100人に3～5人の胎児に何らかの異常が自然発生するともいわれています。
妊婦が受けた放射線だけで胎児への影響が発生するわけではありません。

妊娠中の放射線の確定的影響

- ⇒ 胎児期1ヶ月以内: 死産のみを考える
100mGy以上
- ⇒ 胎児2～3ヶ月 : 耳、鼻、口を形成する時期
100mGy以上
- ⇒ 胎児3～4ヶ月 : 精神発達の遅延がおきる
100～200mGy以上

「胎児期の確率的影響」

- ・発ガン 0.1～0.15(Svあたり)
- ・遺伝的影響 0.01(Sv)

妊娠中における主なX線検査時の 胎児被ばく線量 (mGy)

X線検査項目	平均的な線量
頭部CT	0.005以下
胸部CT	0.06以下
腹部CT	8.0
骨盤CT	25.0
胸部単純	0.01以下
腹部単純	1.4
腰椎	1.7
注腸	6.8

子供の被ばくは大丈夫なの？

- ・新陳代謝の盛んな組織、細胞は放射線感受性が高い
→ 成長過程にある子供は、大人より3～10倍の被ばくを受けやすいと考えられています。(草間朋子、医療科学社：あなたと患者のための放射線防護Q&A)

小児のX線検査の場合…

- ・できるだけ線量を少なくし必要な部位だけ撮影します。
- ・必要に応じて鉛などで防護をします。
- ・コンピュータを使った画像処理を用いることで線量を低減させます。

被ばく線量の低減に努めており、不妊や癌になる心配はありません。

身体の健康には影響しないの？

わが国では、放射線の管理を向上させるため厳しい規制や法的規制値が設けられています。

社会感覚として厳しい法的規制値(=管理目標値)が健康被害量の目安にされてしまっているのが現実で、法的規定値 ≠ 健康影響量という認識がなされていません。

大量放射線を一気に浴びると健康被害が強いですが、少しずつの被ばくはほとんど無害です。

まとめ

医療に使われる放射線と自然放射線の性質は、全く同じです。放射線による診療は、患者様に明らかな利益をもたらす場合に行われます。

放射線診断に伴う患者様の被ばく線量は、放射線の影響が発生する可能性のある線量に比べて低く、放射線の影響を心配する必要はほとんどありません。