

—— RⅠ内用療法とはどのような治療法なのか。

放射線を出す放射性同位元素（RⅠ）を注射する、またはカプセルに入れて口から投与します。いずれの場合もRⅠは血液と共に循環し、異常を起こしている標的細胞に集まります。そこで放射線を出して標的細胞を少なくする、または殺すという治療法がRⅠを使った内用療法です。

この治療法は、甲状腺機能亢進症や甲状腺がんの症状を抑えるために使われたことが始まりです。ヨウ素の放射性同位体であるヨウ素131が標的に集まり、そこからベータ線を出してがん細胞を殺す。そうすることで、肺や骨への転移を治療することが出来ます。わずか数ccの注射、または口からのカプセル投与で済むこともRⅠ内用療法の大きな特徴です。

—— 直接投与による副作用はあるのでしょうか。

ヨウ素131のケースですが、この放射性同位体の物理学的半減期は七日

毎

日の社会の出来事には、知ったつもりでいても、問われるとなかなか説明しづらいことが数多くあるように思いませんか。そのような身近な話題について編集部が取材して核心に迫ります

レントゲン検査でのエックス線、がん治療での重粒子線など、放射線は医学分野で広く利用されています。

どちらも外部から放射線を当てる方法ですが、放射線治療には体の内部から放射線を当てる治療法もあります。

実はこの治療法、近年とても注目されているハイスベックな治療で、RⅠ内用療法（核医学治療）と呼ばれています。RⅠを使った内用療法と、その可能性について公益社団法人日本アイソトープ協会 専務理事の山下孝さんにお話を伺いました。

将来はコロナウイルス治療にも期待が

—— 体内からの放射線照射に高まる期待

間程度です。つまり放出する放射線量は、一週間で半分になります。

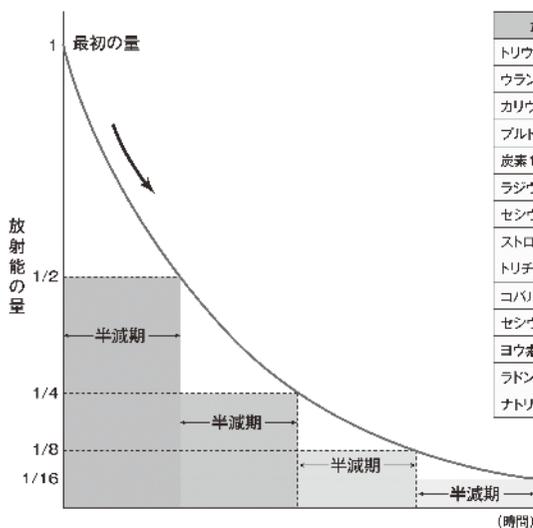
また、この物質は尿からも排出されます。排出により身体への放射線量が半分になること、これは生物学的半減期と呼ばれます。二つの半減期が相まって、放射線量は減っていくため、身

体への影響は極めて小さいと言えます。

—— RⅠ内用療法はベータ線の利用が主流なのでしょうか。

放射線はいろいろ

■ 放射能の半減期



放射性物質	放出される放射線	半減期
トリウム232	α - β - γ	14.1億年
ウラン238	α - β - γ	45億年
カリウム40	β - γ	13億年
プルトニウム239	α - γ	2.4万年
炭素14	β	5,700年
ラジウム226	α - γ	1,600年
セシウム137	β - γ	30年
ストロンチウム90	β	28.8年
トリチウム	β	12.3年
コバルト60	β - γ	5.3年
セシウム134	β - γ	2.1年
ヨウ素131	β - γ	8日
ラドン222	α - γ	3.8日
ナトリウム24	β - γ	15時間

※核変生成物（原子核が放射線を出して別の原子核になったもの）からの放射線も含む

出典：(公社)日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳(2012年)」より作成



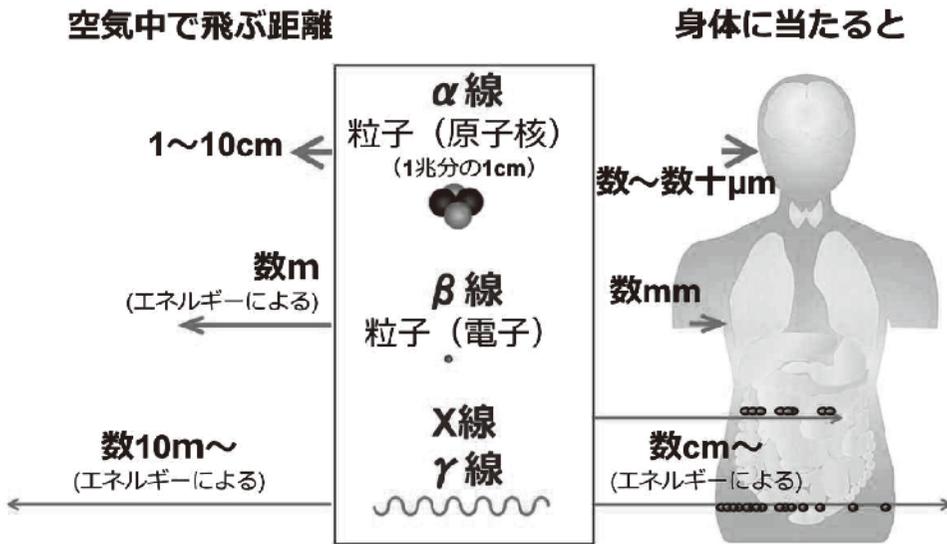
な種類がありますが、診断には透過力が高いガンマ線、治療にはベータ線を使うのが主流でした。医学の世界でもアルファ線は作用するエネルギーが高く危険だという考えでした。しかし、最近ではアルファ線も内用療法に使われます。

これには二つの理由があります。まず、一つの理由はアルファ線の持つ特徴にあります。アルファ線が体内で飛ぶ距離（飛程）は、核種によって多少の相違はありますが、わずか〇・〇〇一ミリメートルです。つまり、細胞単位でしか飛程しないため、ピンポイントで標的を攻撃することが可能です。

ここで少し副作用の話に戻りますが、飛程が伸びてしまうと、健全な細胞までもターゲットの範囲内に入ってしまう恐れもあります。そのため、疾患内容にもよりますが、アルファ線は優れた効果が期待できます。

二つ目の理由は、核医学の世界が進歩してきたという点です。かつて、原子力は発電利用が中心で、放射性物質

■ 放射線の体内での透過力



出典：環境省

を作るための中性子も原子炉から採ってこないといけません。それが、加速器の小型化、コストの削減で、今や治療用の放射線核種は病院でも作れる時代になっています。

また、重粒子線治療で使われる炭素線は質量が大きく、アルファ線と似た性質を持ちます。重粒子線治療技術の進歩も、アルファ線利用の追い風となりました。

—— アルファ線はどのような症状への治療に利用されているのですか。

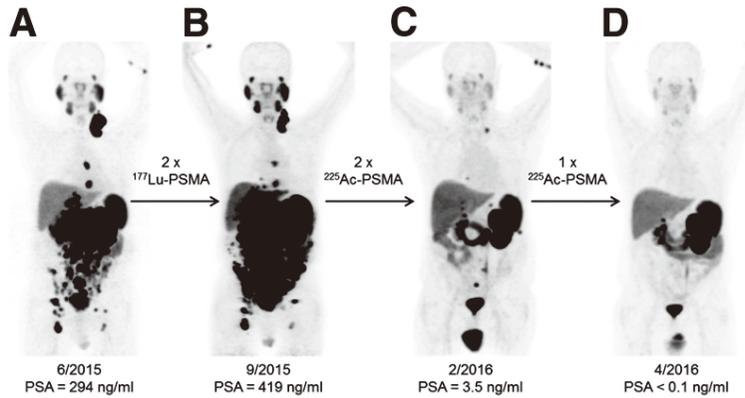
例えば、再発した舌がんへの治療に使われています。外科手術で病巣を取り除いても、再発したがんには放射線治療が効果的ですが、外部照射だと健常部分も照射することにより、潰瘍を起こしてしまう恐れがあります。ここで登場するのがピンポイントで病巣を攻撃できるアルファ線です。アルファ線の防護は紙一枚で済むというのも利点です。

脳腫瘍の進行を抑える治療にも利用されようとしています。アルファ線を放出するR Iを標的細胞に集まる抗体と一緒に注射し、異常細胞を殺して病状を抑える、こういった研究も始まっています。

他には再発した前立腺がんにも利用されています。ホルモン治療も効かず、骨まで転移してしまったがんが注射一本で治療できた、という例もあります。

■ アルファ線を利用した治療例 (病変が減少していく様子がわかるPET/CT画像)

²²⁵Ac-PSMA-617 for PSMA-Targeted α-Radiation Therapy of Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer



JNM The Journal of NUCLEAR MEDICINE

Kratochwil et al. J Nucl Med 2016;57:1941-1944

再発
がんへの利
用が主なの
ですか。
R I 内用
療法など体
内からの放

P E T 検
査で利用さ
れる F D G
(※) のよ
うな R I を
病巣に集め
る、または
病巣に到達
させる抗体
に標識した
放射性薬剤
を使った診
断技術の進
歩も、R I
内用療法の
発展に貢献
しています。

海外ではどのような傾向な
ですか。
現代医学の最先端を走るイスラエル
では初期の乳がんにもアルファ線を利用
した治療が実施されています。患部に
一回刺入を行なうだけの治療で、入院
する必要もありません。

射線照射は、現段階では再発がん治療
での利用が主ですが、再発に効くとい
うことは早期、初期のがんにも効くと
いうことです。外科手術だと健常な機
能もなくなるというデメリットがあり
ますが、R I 内用療法などにはそれが
ありません。がんを切らなくても治療
できる時代が、すぐそこまで来ている
のではないのでしょうか。

とはいえ、課題も残っています。こ
ういった治療法を扱う分野は、国内で
はまだ多くの施設で専門として扱われ
ていません。メインは放射線診断や放
射線を外から当てる治療になっている
ため、片手間程度の扱いです。医科大
学でも核医学専門の講座が少ないこと
も課題の一つでしょう。

夢のような治療法ですね。
今後の可能性はものすごく高い治療
法だと思います。例えば、昨今大きな
被害をもたらしている新型コロナウイルス
ルスのような感染症に集まる抗体が開
発できれば、そのウイルスにピンポイ
ントでアルファ線を当てて治療ができ
る。そうすれば、感染症によるパニッ
クを解決できますし、将来的には、そ
のような期待も持てると思います。

ドイツでは治療が困難とされている
すい臓がんにもアルファ線の内用療法
が利用され始めました。すい臓がんで
亡くなったアップル社のステイブ・
ジョブズも、この治療法が間に合えば
もしかすると、助かったかもしれませ
んね。

※FDG・フルオロデオキシグルコースの
ことで、グルコースの水酸基の一つに
放射能を出す成分を組み込んだもの。
がん細胞は通常の細胞よりもブドウ糖
を多く取り込むため、FDGも病巣部に
集積する。