



Title	粒子線治療
Author(s)	井上, 俊彦
Citation	癌と人. 1996, 23, p. 30-32
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/23893">https://hdl.handle.net/11094/23893</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 粒子線治療

井 上 俊 彦\*

## 1. がん対策

21世紀のがん対策がしきりに叫ばれている。残念ながら早期発見・早期診断によるがん対策に限界のあることは既に明らかにされている。そこで一次予防が推進される。しかし、がん先進国のがんの推移を見、あるいは国内のがん罹患数の動向を眺めていると、一部のがんに罹患数の減少が見られるが、全部位のそれは指数関数的に増加を示している。何と20年後にはがん罹患数は現在の2倍に達するであろうと大阪府がん登録のデータは予測している。さらにその将来予測の語るところは、①がん患者が急増し、②高齢がん患者の比率が増加し、③難治がん（肝、胆嚢・胆管、膵、肺がん）の増加速度が大きい、と悲観的なことこの上ない。したがって、これらに対して重点的がん対策を行う必要がある。冒頭に早期発見・早期診断が全般的ながん対策のうえでは効果が少ないと記したが、こと難治がんに至っては早期診断法の開発と治療方法の改善を急ぐ必要がある。これらの難治がんに対する一次予防措置が果たして成果があるか否か現在のところ不明であるとされている。したがって、二次予防と一方ではQOLを考慮した効果的治療法の開発が必要である。現状では、難治がんに対する放射線治療の貢献度は低い。しかし、難治がんの手術における「限局＋治癒切除」の患者の割合は相変わらず低い。今後、高齢がん患者の増加を考慮すると、たとえ早期診断法の若干の改善がみられたとしても、「限局＋治癒切除」の患者の割合が大きく改善されることはなく、むしろ低下するおそれ

もあると警告されている。

## 2. 期待される粒子線治療

2015年に難治がんが45%を占め、80歳以上の患者が全患者の61%を占めると推定される。したがって現在よりも、全身状態不良のため手術適応あるいは強力な化学療法の適応の制約される症例が増加するであろう。また手術室における手術台の稼働の現状を考えると、がんの罹患数の増加にあわせて手術数を倍増することは極めて困難である。このような背景から、放射線治療における3次元線量制御（高精度照射技術）の可能な重粒子線治療にかけられる期待は大きい。重粒子線治療の狙いは当然がんの局所制御による生命延長である。しかし、決してそれだけではなくQOLの維持・向上にも威力を発揮する。即ち、重粒子線治療は正常組織への障害をできる限り小さくすることで、がん病巣により効果的な治療が可能になる。がん対策は決して原発・所属リンパ節転移の治療に終始するものではない。いわゆるがんの病院統計に現われてこない3次以降のトータルの医療も大切である。因に、骨転移に対する放射線治療は一般に各施設の放射線治療件数の15～20%を占める。しかし、病院統計にその実態が報告されないためもあり、その重要さは気づかれていない。これらの諸点を考えると、放射線治療に対する評価を見直すことと将来の重粒子線治療施策への取組は急務であることがわかる。

\* 大阪大学教授 医学部附属バイオメディカル教育研究センター生体情報部門集学放射線治療学研究部  
平成5年度研究助成金交付者

### 3. 国内の粒子線治療

既に国内では、筑波大学において高エネルギー物理学研究所のブースターシンクロトロンよりえられる陽子線を使って1983年から1995年7月までに462例の治療が行われた。さらに1994年6月より放射線医学総合研究所(千葉市)で医療専用のHIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba) による炭素イオンビーム治療が開始され、過去1年3カ月の間に頭頸部癌、脳腫瘍、肺癌、舌癌、肝癌、前立腺癌、子宮頸癌など55例の治療がなされている。関西においても、兵庫県が西播磨に建設中のSpring 8に隣接して重粒子線治療施設の建設を開始するところである。一方、数年内に国立がんセンターをはじめ国内数施設に医療専用の小型陽子線治療装置を導入する計画が実行に移されつつある。

### 4. 大阪大学の粒子線照射システム

大阪大学核物理研究センターは1971年に設置され、AVFサイクロトロンの全国共同利用の研究機関として運営されてきた。1991年にはAVFサイクロトロンを入射器とする大型リングサイクロトロンが接続され、高品質、可変エネルギーの高エネルギー粒子線(陽子、ヘリウム、重粒子)の利用が可能になった。私たちは1992年に文部省の大学院重点特別経費による3年計画で、大阪大学核物理研究センター内に生物・医学利用の照射システムの構築を開始した。本来、核物理実験では高度なビーム照射技術が必要とされる。したがって、イオンビームの絞り込のために、マイクロビーム技術、イオン源技術、ビーム照射技術の研究開発が進められる。その結果、ビームは1ミクロンに絞り込んで実験に利用される。ところが、生物・医学利用では大きな面積(例えば、100mm $\phi$ )までビームを拡げる必要がある。しかも均一に照射

する装置をビームラインに置いて線量として測定・制御するという核物理実験におけるものとは相反するシステムを構築することである。基本設計の開始から半年間という短期間に多くの人々の努力で装置が完成し、AVFサイクロトロンのM室のDコースに大型クレーンで据え付けられた時は正直言ってほっとした。1993年7月に陽子線の最初のビーム通しが行われた。楕円のリングをモニターカメラで捉えた瞬間の嬉しさは忘れられない。その後、制御系の整備とそれに引き続く細胞照射実験のためのシミュレーションを繰り返し、1994年6月にCHO細胞を使った65MeV陽子線の生存率曲線をえた。これはそれから続く長い研究の出発点である。研究の狙いはこれまで慣れ親しんできたガンマ線、X線、電子線と異なる細胞影響を見い出したいことである。それは単にがんの研究に止まらないで、将来の宇宙空間における生体への粒子線影響にもつながって行くものである。

### 5. 陽子線の深度制御

陽子は中性子とともに原子核を構成し、正の電荷と電子の約2000倍の重さをもつ。加速された陽子線が体内に入射されると、入射直後の高速領域では散乱が少なく、直進するので電離密度も少ない。この平坦な線量の吸収部をプラトーと呼ぶ。飛程終末部で減速すると電離密度は急速に大きくなり、停止寸前で最大になる。この終端部の鋭い吸収をブラッグ・ピークと呼ぶ。組織内の飛程は陽子のエネルギーを変えることにより制御することができる。この深度制御は従来のガンマ線、X線、電子線とは比べものにならない精度である。ナイロン-6を使ったレンジシフターでさらにこのブラッグ・ピークの微調整を行う。したがって、ブラッグ・ピークの前後では、0.1mm間隔で繰り返し測定を行う。細胞位置の精度に気を遣うこと甚だしい。これと比べと日常のガンマ線、X線、電子線に

よる放射線治療ははるか彼方に消えてしまいそうである。もちろん、細胞照射位置もコンピュータ制御しているのだが、ビームの微細操作に比べるとはるかに頼りない手段である。

## 6. 癌と人と粒子線治療

今、夢は粒子線の生物学的影響の研究を古典的放射線生物学の世界から一足飛びに分子生物学的研究の分野へ進めることである。高精度照射技術を駆使する粒子線治療こそ人に優しいが

ん治療をめざすものであると考えている。「癌と人と粒子線治療」は新しい世紀を迎える際の私たちの出発点の一つにしたいものである。

### おわりに

研究テーマ「悪性腫瘍に対する粒子線治療の臨床応用のための基礎的研究」により、平成5年財団法人大阪癌研究会「一般学術研究助成金」の交付を受けた。ここに感謝の意を表わす。

## これからのガン予防

### ●ガンを遠ざけるライフスタイルを

ガンの一次予防として、一つには、禁煙、節酒、減塩、節脂肪、そして緑黄色野菜、魚介類などを積極的に摂取するといった、ガンを遠ざけるライフスタイルが普及することが望まれます。

つまり、発ガンを促進する活性酸素かつぜいさんそなどのラジカルを減らし、それを抑制するベータ・カロチンや、ビタミンCのような抗酸化剤こうさんかざいの摂取を最大にしようとする、いわば通常兵器による予防です。もう一つは、DNA診断にもとづく遺伝子工学戦略を活用する、新兵器による予防があります。

このうち、ライフスタイル対策は、今すぐにもでも実行でき、しかもわずかな費用できわめて大きな効果が期待できる予防法です。また、ガン抑制遺伝子P53の異常をきたす確率は、喫煙総本数が多いほど高くなるということも明らかにされたので、ライフスタイル対策の中軸である「禁煙によるガン予防」の根拠が、新しい遺伝子研究でさらに強化されたといえるでしょう。

したがって、来世紀にかりに新兵器によるガン予防時代が訪れても、ライフスタイル対策の重要性は不変です。新兵器登場をただ待つだけでなく、低費用で十分効果が期待でき、いますぐ実践できる、通常兵器によるガン予防、つまりライフスタイル操作によるガンの一次予防を強力に推進すべきと思われます。

### ●「ガン予防十二か条」の実行を

ライフスタイルをくふうするのに、国立がんセンターの提唱する、「ガン予防十二か条」も参考になります。要するに、菜食、禁煙（それに減塩、節酒、節脂肪）のような「的を射た」一次予防を強力に実行することによって、わずかな費用で意外なほどの効果をあげることが期待できます。

ガンウイルスの研究やガン遺伝子、抑制遺伝子などの基礎的研究が精力的にすすめられます。それらの研究の成果によって、ガンを根絶する新兵器の開発が期待されますが、それを待つまでもなく、現世代のガンの抑圧は、いわゆる「通常兵器」で十分に可能なのです。

小川一誠 監修 — 「ガンの早期発見と治療の手引き」より引用 —  
田口鐵男