

2024年放射線治療の概要

Annual Report of Radiotherapy in 2024

松本康男 鮎川文夫 田中研介

Yasuo MATSUMOTO, Fumio AYUKAWA, Kensuke TANAKA

2024年1月から12月までの当院放射線治療科における放射線治療業務の概要を報告する。新規登録者数は780例で、前年（854例：以降カッコ内症例数は前年患者数）を大きく割り込んで減少し、ここ10年間は最も少ない数字となった。新規登録者は過去に当科を受診し登録された患者は除外される。（食道癌で10年以上前に当科を初診して、肺癌で今回当科を受診しても、新規登録患者としては当科ではカウントしない。）新規登録者と再発腫瘍・重複癌等で当科を紹介受診／治療した症例を合わせると969例で、前年（1096例）を大きく下回り減少した。新患登録者数は2018年を底として回復し、2020年から症例数は横ばいとなっていた。コロナ禍の最中でも症例数にはあまり変化がみられなかったが、コロナ禍が明けたにもかかわらず、2024年は顕著に減少した。2024年までの過去10年間の原発巣別の紹介患者数と新規登録者数の推移を表1に示す。例年との比較で増加を認めたのは肺癌で、ここ10年間は最も多くなった。その他の疾患では、紹介患者の疾患別の症例数については、大きな変化はみられなかった。

定位放射線治療は多くの施設で可能となっていて、過去の一時期に比べるとその件数は減少した。表2に定位放射線治療の症例数の推移を示す。2024年は163例（159例）であった。部位別では肺病巣が最も多く、110例（104例）〔内訳：原発性肺癌：85例（76例）、転移性肺癌：25例（28例）〕、脳・頭蓋内：35例（36例）、頭頸部：4例（10例）、肝腫瘍：8例（3例）、他：6例（9例）であった。

強度変調放射線治療（IMRT）については、有害事象の低減と局所効果の向上が期待できることから、保険適用患者において有効と思われる症例については可能な限りIMRTを適用する方針で診療を行っており、2024年のIMRT患者数は前年よりさらに伸びて267例（246例）となった。前立腺癌が170例（175例）で多数を占めており、頭頸部腫瘍が31例（44例）と続いている。トモセラピー「ラディザクト」（アキュレイ社）の導入によって、さまざま

な部位に対する治療計画を比較的容易に試案・施行できるようになり、前立腺・頭頸部以外の腫瘍へのIMRTの治療患者数は増加しており、66例（27例）とかなり伸びてきた。表3にIMRTの症例数の推移を示す。

密封小線源治療は、2024年もIr-192高線量率小線源治療はすべて婦人科腫瘍（主に子宮頸癌）を対象に治療を行っており、26例（24例）と昨年より若干増加した。腔内照射のみは13例、腔内照射に組織内照射も併用したハイブリッド照射は12例、組織内照射のみが1例であった。前立腺癌に対するI-125シードを用いた低線量率組織内照射は2024年は0例（3例）となった。泌尿器科と合同で泌尿器科手術枠を使ってシード埋め込み術を行っていることもあり、泌尿器科の手術事情により適応症例は決まってくる。必要時に購入・使用可能なAu-198グレイン（主に、口腔内の浅い粘膜に広がった病変に使用）による治療は2024年も適用症例はなかった。表4に密封小線源治療の症例数の推移を示す。

非密封小線源のI-131内服治療は、甲状腺癌：40例（33例）、甲状腺機能亢進症：6例（15例）であった。去勢抵抗性前立腺癌の骨転移に特化したゾーフィゴ注（Ra-223）は2例（2例）であった。神経内分泌腫瘍に対するルタテラ（Lu-177）による治療を内科と合同で2022年から開始し、2024年は3例（8例）に施行している。表5に非密封小線源治療の症例数の推移を示す。

通常放射線治療について

通常放射線治療は従来、主に皮膚表面に描いたマーキングを頼りに放射線治療を行っているが、最近のリニアックには、X線撮影装置やCT（コンビームCT）が装着されており、画像誘導放射線治療（IGRT=Image-Guided Radiation Therapy）が比較的簡便に行えるようになってきた。当科でもCTあるいはX線画像での位置照合を行う症例数を増加させ、より精度の高い治療を目指しており、仰臥位の

表1 原発臓器（診療科）別紹介患者数および新規登録患者数の年次推移

西暦年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
脳	5	8	7	3	0	8	4	3	1	1
口腔・唾液腺・舌	5	8	9	8	7	5	4	8	12	8
上咽頭	0	0	4	1	4	0	0	0	7	5
中咽頭	7	17	11	13	7	13	13	11	15	10
下咽頭	4	10	14	23	17	24	27	18	30	22
喉頭	16	24	29	23	19	13	19	22	21	29
その他	2	2	1	4	3	5	3	5	11	7
甲状腺	24	24	27	24	23	24	42	36	27	39
頭頸部 合計						84	108	100	123	120
食道	65	66	60	58	74	43	60	51	67	45
胃	15	9	9	14	10	13	14	11	15	15
十二指腸・小腸						2			1	1
食道～小腸 合計						15	74	62	83	61
結腸	16	5	6	7	6	12	12	13	19	8
直腸	22	19	15	20	19	17	11	22	20	30
肛門	3	0	2	1	1	1	0	1	4	3
大腸～肛門 合計	41	25	23	28	28	30	23	36	43	41
肝	11	7	14	5	3	4	8	0	9	4
胆道系（乳頭部癌含む）	2	3	4	4	4	6	17	4	2	3
膵	11	20	21	19	15	26	32	16	37	28
肝・胆・膵 合計	24	30	39	28	22	36	57	20	48	35
肺	251	244	173	187	208	205	242	217	230	283
胸膜・胸腺他	0	4	3	4	3	1	3	1	11	3
胸部 合計	251	248	176	191	211	206	245	218	241	264
乳腺	155	133	144	132	149	132	147	139	149	137
子宮頸部	22	16	29	21	29	21	39	27	32	30
子宮体部	7	2	11	10	8	8	5	11	14	12
卵巣卵管	6	8	3	3	1	4	2	5	5	2
膣・外陰	3	2	3	4	4	6	3	1	1	0
女性性器合計	38	29	46	38	44	39	49	44	52	44
前立腺	173	124	143	107	139	172	196	174	196	164
他泌尿器系										
膀胱	14	16	22	23	22	20	25	21	18	20
腎	7	5	9	15	5	8	13	12	15	12
腎盂・尿管	6	5	9	5	8	10	5	8	11	9
精巣	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0
陰茎、他			3	1	1	1	1	1	3	1
泌尿器 合計	203	150	188	152	175	211	240	216	243	206
リンパ腫	9	22	11	29	21	25	15	18	19	31
他造血器	6	13	14	3	11	10	15	5	2	4
リンパ腫・血液 合計						35	30	18	21	35
皮膚								19	24	13
骨・軟部								13	15	14
皮膚・骨軟部 合計	13	13	18	14	26	18	38	32	39	27
原発不明・他	10	7	5	8	11	1	2	3	9	4
良性・バセドウ	29	32	16	16	17	9	4	12	15	7
小児がん										7
治療依頼件数							1127	1146	1096	969
治療患者数	1157	1091	1040	1016	1012	1043	1073	1067	1016	921
新規登録者数	931	870	851	810	828	848	879	880	854	780

表2 定位放射線治療症例数の年次推移

西暦年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
肺腫瘍	183	161	132	115	117	131	131	167	104	110
脳腫瘍	32	55	40	51	53	45	51	40	36	35
頭頸部腫瘍	6	10	5	11	8	7	7	5	10	4
肝腫瘍	13	9	16	10	5	4	3	0	3	8
ほか						4	5	7	9	6
合計	234	235	193	187	183	191	197	219	159	163

表3 強度変調放射線治療症例数の年次推移

西暦年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
前立腺癌	8	11	13	16	25	56	81	119	175	170
頭頸部腫瘍	0	0	3	6	15	16	22	38	44	31
ほか	0	0	0	1	3	0	21	30	27	66
合計	8	11	16	23	43	72	124	187	246	267

表4 密封小線源治療症例数の年次推移

西暦年		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ir-192 高線量率治療	婦人科癌	24	12	31	28	28	14	30	20	24	26
I-125シード 低線量率治療	前立腺癌	19	17	9	13	7	16	5	6	3	0
合計		43	29	40	41	35	30	35	26	27	26

表5 非密封小線源治療症例数の年次推移

西暦年		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
I-131 内服治療	甲状腺癌	31	32	31	32	36	30	37	43	33	40
	甲状腺機能亢進症	34	39	26	25	21	13	13	12	15	6
ゾーフィゴ (Ra-223)	骨転移 (去勢抵抗性前立腺癌)				2	1	3	5	5	2	2
ルタテラ (Lu-177)	神経内分泌腫瘍								3	8	3
合計		65	71	59	58	60	48	55	60	58	51

保持が困難な患者でないかぎり、できるだけIGRTを利用して精度を高めた治療を行うようにしている。

定位放射線治療について

定位放射線治療の保険適用疾患は現在以下の疾患(状態)である。

1. 頭頸部腫瘍(頭蓋内腫瘍を含む)及び脳動静脈奇形
2. 原発病巣が直径5センチメートル以下であり転移病巣のない原発性肺癌, 原発性肝癌または原発性腎癌
3. 3個以内で他病巣のない転移性肺癌または転移性肝癌
4. 転移病巣のない限局性の前立腺癌または睪癌
5. 5センチメートル以下の転移性脊椎腫瘍
6. 5個以内のオリゴ転移
7. 脊髄動静脈奇形

2020年4月から「5個以内のオリゴ転移」が対象疾患に加えられたことにより、保険適用範囲は広がったが、依然としてオリゴ転移への照射は少数にとどまっている。他科における適用疾患の周知が不足している可能性や、適用できる病態が少ないこと、1回線量が多く寡分割で行うことができる部位が少ないこと、などが理由として考えられる。短期でしかも局所効果の高い治療であるので、適応症例があれば当科に相談いただきたい。

2023年3月からラディザクトの治療システムである「Synchrony」を使った動体追尾照射を開始している。このシステムは肝癌や肝転移に対する体幹部定位放射線治療には必須のシステムとなっている。肝腫瘍においては、肺腫瘍と異なりX線透視での認識は困難であることから、腫瘍近傍に金属マーカーを挿入して、それをfiducial markerとして追尾照射を行う。Synchronyでの追尾照射は、腹部においた

体表のLEDマーカーの動きによる呼吸位相の情報とラディザクトに内蔵されているX線装置で得られる金属マーカーの位相情報から、呼吸位相と体内の腫瘍位置の相関モデルを作成し、想定される腫瘍位置に対して追尾しながら照射を行う。この相関モデルの更新・補正は治療中も途切れることなく行われ、照射中の小さな呼吸位相のズレにも対応できるシステムとなっている。金属マーカー挿入には肝臓のラジオ波焼灼療法などの局所治療に熟達した内科医との連携が必須で、消化器内科の協力により、肝腫瘍へのSBRT症例が徐々に増加してきている。肺腫瘍については、呼吸性移動の大きい中葉あるいは下葉の肺腫瘍が主な対象で、X線透視で認識できる肺癌／肺転移に対して行っている。CT画像で1 cm以上の充実性肺腫瘍であれば、部位による適・不適はあるもの、多くの場合は金属マーカーなしでの治療ができる。

強度変調放射線治療 (IMRT) について

昨年同様、当院で最もIMRTを行っている疾患は前立腺癌で、IMRTで治療することにより前立腺に接している直腸・膀胱の線量を制御して、出血、直腸炎、直腸潰瘍、膀胱炎などの有害事象を軽減できるのが大きなメリットである。現在、前立腺癌に対しては、60Gy/20回を標準治療として継続して行っている。次に多い頭頸部領域での治療は、腫瘍の周囲に放射線感受性の高い臓器が多いことや、手術による形態・機能の損失による影響が大きいこともあり、IMRTのよい適用となっている。耳下腺障害（唾液が出ないことによる齲歯の増加、口腔内乾燥、味覚変化）などの有害事象の低減を図り、脊髄の線量を制御しながら、両側頸部に広がった病巣に対しても十分な線量を投与できることが大きなメリットである。その他、頸部から上腹部リンパ節などをターゲットとした広範囲にわたる食道癌や、対側縦隔リンパ節あるいは、両側頸部リンパ節転移のあるような進行肺癌、進行食道癌のように従来の放射線治療では根治的放射線治療が困難な症例に対して、IMRTを利用することで「根治的」放射線治療が多くの症例において可能となった。しかし、IMRTはターゲットとなる病巣だけでなく、リスク臓器のすべてを描画し、それぞれ描画した臓器についてリスク評価を行うことから、治療計画に時間がかかり、さらに煩雑な検証作業も加わることから、病状・病勢などの理由で照射開始までの時間が十分とれない患者では、IMRTでの治療は現状では難しい。進行肺癌などにおいても、現在ではIMRTでの臨床試験や治験が多くなってきているが、呼吸性移動のある病変に対する線量評価は困難で、現時点では動きの小さい部位（主に上葉病変）での症例に限定し

て行っている。呼吸性移動の大きな部位に対するIMRTは、今後の課題である。

小線源治療について

密封小線源治療：

Auグレインによる低線量率組織内照射（主に口腔底癌や口蓋癌などでリンパ節転移や遠隔転移のない比較的早期の癌に対する治療に用いられる）は2023年も適用症例はなかった。前立腺のI-125シード治療は県内で施行している施設は当院のみとなり、その治療の継承を泌尿器科とともに担っている。Ir-192高線量率小線源治療（RALS）は現在、婦人科腫瘍（主に子宮頸癌）に施行している。腫瘍が大きく腔内照射のみでは十分な線量が腫瘍全体に届かない場合には、組織内照射も追加することがある。組織内照射は、腫瘍組織そのものにtubeを刺入・留置して、そのtube内に放射線源を挿入することによって腫瘍組織の内部から照射を行う方法で、腔内照射との組み合わせた「ハイブリット治療」を大きな子宮頸癌などに施行している。

非密封小線源治療：

甲状腺癌、甲状腺機能亢進症に対するI-131内服治療はほぼ途切れることなく行っており、施設として投与できる線量制限一杯の治療となっている。I-131内服治療の適応患者数増加もあり、放射線治療までの待機期間が非常に長くなってきている。そのため、外来アブレーション治療が可能な症例は、外来での投与も積極的に行っている。

2022年から県内では最も早く神経内分泌腫瘍に対するルタテラ（Lu-177）による治療を内科と合同で開始した。神経内分泌腫瘍細胞の表面に発現するソマトスタチン受容体に対して、ソマトスタチンとよく似た物質にβ線およびγ線を出す物質（Lu-177）を結合させた薬剤の「ルタテラ」を投与することによって、ソマトスタチン受容体にルタテラが結合、細胞内に取り込まれることにより、細胞内から出る主にβ線によって腫瘍細胞にダメージを与えるという治療法（ペプチド受容体放射性核種療法（PRRT））である。

品質管理会議について

2024年4月から、当科において品質管理会議を開始した。

高精度放射線治療は、ターゲットの腫瘍に対して、線量の集中性を高めながら、周囲正常組織への線量を最小限に制御する事により、治療効果を向上させ、副作用を低減することが最大の目的である。IMRTやその亜型となる回転型強度変調放射線治療（Volumetric Modulated Arc Therapy：VMAT）、定位放射線治療などの高精度放射線治療の技術の進歩に伴っ

て、治療装置、計画装置、関連機器の精度を担保し、正確かつ安全に運用してゆくためには、品質保証（Quality Assurance : QA）、品質管理（Quality Control : QC）は不可欠である。品質管理会議では、リニアックの日頃のメンテナンス状況や、故障などの装置の問題点などのQAQCを議論し、さらにインシデントやアクシデントの報告と改善策の検討、放射線治療関連の法令改正への対応やマニュアルの作成・整備など日常診療における様々な問題点などを議題として月1回の会議を行っている。

放射線治療の今後の動向について

2021年春からラディザクトを稼働開始し、IMRTによる治療件数は伸びた。IMRTのプラン作成や検証作業に関わるマンパワーの問題もあって、一時限界に近い状態であったが、2024年は患者の減少によって余裕が生まれ、IMRTの件数は若干ではあるが、さらに伸ばすことができた。可能な限り多くの患者に副作用が少なく効果的な高精度放射線治療を受けられるようにスタッフ一丸となって日々尽力し

ている。

施設設備およびスタッフについて

2024年は放射線治療装置については、2023年と変わりなく、リニアック（ラディザクト含む）3台による高エネルギーX線と電子線による外照射、および高線量率密封小線源治療装置1台で治療を行っている（高線量率密封小線源治療は2024年12月中旬で治療装置の更新のために、休止し、2025年4月から、新たな治療装置で小線源治療を再開する運びとなった）。2024年におけるスタッフは、放射線治療医4名（放射線治療専門医4名）、放射線治療担当技師12名（放射線治療専門放射線技師2名）、医学物理士2名（2名とも放射線治療品質管理士資格あり）、看護師2名（がん放射線療法看護認定看護師1名）の体制で、外来診療は月曜日から金曜日まで毎日行った。多くの患者は外来通院あるいは、他科入院で放射線治療を行っている、当科への入院患者は遠方で外来通院不能な定位放射線治療や非密封小線源治療などが主となっている。