

「TAVI 術前計測」

～ Bicuspid Aortic Valve 編～

東京ベイ・浦安市川医療センター 医療技術部 放射線室 小島 基揮
 東京ベイ・浦安市川医療センター ハートセンター 渡辺 弘之

1. TAVI

1-1 はじめに

経カテーテル大動脈弁植込み術(Transcatheter Aortic Valve Implantation;TAVI/Transcatheter Aortic Valve Replacement;TAVR 以下 TAVI) は 2002 年にフランスの Cribier 教授によって行われて以来¹⁾、重症大動脈弁狭窄症の新たな治療法として急速に普及し、2013 年「SAPIEN XT」、2015 年「CoreValveTM」が薬事承認され、現在では後継機種種の「SAPIEN3」および「EvolutTMR/Pro」が使用され 2019 年には 170 施設以上で施術されている²⁾。

TAVI は外科的大動脈弁置換術 (surgical aortic valve replacement;SAVR) のように直接サイジングすることができない。そのため、正確なサイジングを行うことが安全に施術するポイントといえる。当初は経食道心臓超音波検査により評価、計測が行われてきたが、最近では心電図同期 CT の有用性が示されている³⁾。

1-2 TAVI における CT の役割

造影 CT は心エコー図とは異なり、大動脈弁周囲の石灰化で可視化困難になることが少ない。そこで心電図同期 CT の最も重要な役割は石灰化の分布とその定量的評価、二尖弁などの狭窄メカニズム診断、大動脈基部の形態把握と計測である。また末梢動脈のサイズ計測は精度が高く、大腿動脈アプローチやその他の代替アプローチの評価と決定に重要である⁴⁾。

2. 大動脈弁狭窄症 (aortic valve stenosis;AS)

2-1 病態

大動脈弁が狭小化することにより左室から大動脈への血流が妨げられる。主に加齢性、先天性、リウマチ熱があげられるが、西欧諸国や日本ではリウマチ熱が減少し、加齢性が最も多い原因である。

長年無症状で経過し、心雑音などをきっかけに診断されることが多い疾患である。進行すると、息切れや動悸・倦怠感・胸痛・失神などの症状が出現し突然死に至ることもある。AS は進行することはあっても改善することはなく一般的に症状出現と生命予後の関係は、狭心痛が現れると 5 年、失神が現れると 3 年、心不全を来すようになると 2 年と言われる⁵⁾。

3. TAVI 術前 CT

3-1 術前評価の CT 撮影技術

心臓 CT学会 (Society of Cardiovasc Computed Tomography;SCCT) より撮影における推奨事項は示されてはいるが⁶⁾、撮影の標準化は実現していない。実際には使用する装置や患者の状態により表 1 に示すようなさまざまな撮影方法で行われている。

表 1 各撮影法によるメリットおよびデメリット

撮影範囲	心臓→大動脈 (仕切り直し)	心臓→大動脈 (一連)	心電図同期 高速撮影法 (一連)
造影剤注入回数	2 回	1 回	1 回
メリット	手技が簡便であり息止め困難症例や不整脈症例に対応しやすい	操作が簡便であり息止め困難症例や不整脈症例に対応しやすい	造影剤が少なく撮影タイミングがつかみやすい
デメリット	造影剤が多く検査時間が比較的長い	造影剤が多く撮影間に休止時間が発生し撮影タイミングがつかみにくい	息止めが長く不整脈に対応しにくい

3-2 当院の撮影プロトコル

当院では患者の状態により2種類の撮影方法を使用している(表2・表3)。

表2 心電図同期高速撮影法

Helical (ECG+)	
Tube Voltage	100kv
Tube Current	Volume EC(SD25.0 : 0.5mm)
Rotation Time	0.35sec/rot
Slice thickness	0.5mm×100
Helical Pitch	Standard
FOV	320(M)
Kernel	FC44(AIDR3D:Standard)
Phase	Retrospective gating scan

Helical (ECG-)	
Tube Voltage	100kv
Tube Current	Volume EC(SD5.0 : 7mm)
Rotation Time	0.35sec/rot
Slice thickness	0.5mm×100
Helical Pitch	87(PF:0.870)
FOV	320(M)
Kernel	FC15,FC50(AIDR3D:Standard)

表3 心臓→大動脈(仕切り直し)

Volume(ECG+)	
Tube Voltage	100kv
Tube Current	Volume EC(SD25.0 : 0.5mm)
Rotation Time	0.35sec/rot
Slice thickness	0.5mm×160
FOV	320(M)
Kernel	FC44(AIDR3D:Standard)
Phase	5beat

Helical	
Tube Voltage	100kv
Tube Current	Volume EC(SD5 : 7mm)
Rotation Time	0.5sec/rot
Slice thickness	0.5mm×80

Helical Pitch	65(PF:0.813)
FOV	320(M)
Kernel	FC15,FC50(AIDR3D:Standard)

4. 造影方法

4-1 造影剤注入条件

主に用いられる注入条件として造影剤→生理食塩水の単相注入法、造影剤→(造影剤+生理食塩水)→生理食塩水の混和注入法、造影剤と生理食塩水を徐々に入れ替える台形クロス注入法があげられる。腎機能と検査目的にあわせて造影剤の量を極力低減させることが重要である。また、弁膜症(閉鎖不全)のある症例では造影効果が低くなることを経験することがあり、当院では心エコー図検査の結果より表4に示す通り症状によって造影剤注入条件を変更し検査を実施している。

以下に当院で使用する造影剤注入条件を示す。(図1・図2)

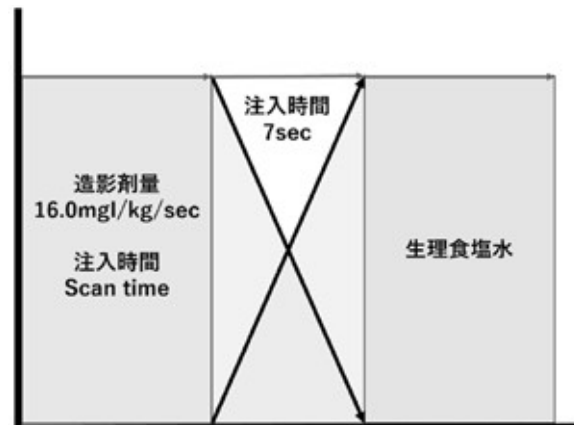


図1 台形クロス注入法
(心電図同期高速撮影法使用時)



図2 単相注入法
(心臓→大動脈 (仕切り直し) 使用時)

表4 症状の違いによる造影剤注入方法

Regurgitation	注入条件
Nomal or Trivial	可変なし
Mild	Wt+5kg
Moderate	Wt+10kg
Severe	Wt+15kg

5. 計測の重要性

5-1 アクセスルート

血管合併症の予測因子として血管径・石灰化・蛇行・プラークや血栓の有無があげられる。

アクセスルートの合併症は致命的になることが知られており、心尖部から大腿動脈までの評価は極めて重要である。

5-2 大動脈弁輪

大動脈弁輪は3枚の弁尖の最下点を結んだ平面からなり、仮想的な円を形成し楕円かつ不規則な形状をしている⁷⁾。また、心周期を通じ拍動の影響をうけ収縮期において計測値は最大となる⁸⁾。弁輪破裂や弁周囲逆流 (paravalvular leak:PVL)、デバイスの逸脱・遊走などの合併症を予防するうえで術前による弁輪の詳細な計測は非常に重要であり、大動脈基部の理解が重要である。

5-3 Aortic Complex

小さなサイズの Sinotubular junction (STJ) ・自己弁尖の長さや石灰化の分布・低起始の冠動

脈・サイズの小さい Valsalva 洞などが大動脈弁輪破裂や冠動脈閉塞・上行大動脈解離の危険因子とされるため⁹⁾、これらに基づく総合的な判断が求められる。

5-4 Perpendicular View

TAVIにおいて透視下で人工弁をバルーン拡張し留置する際に弁輪が一直線となる角度といわれ非常に重要となる。患者個々により異なり、それぞれの最適透視曲線上に位置するとされ¹⁰⁾、術前CTより予測することが可能である。Perpendicular View をあらかじめ求めておくことで術中の被ばく・造影剤を減らせることができる (図3)。

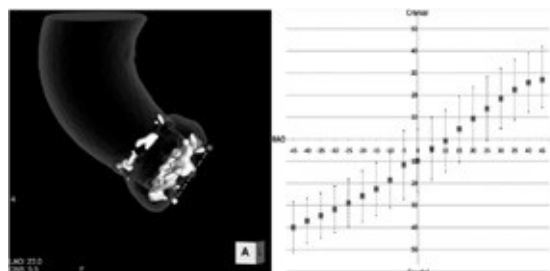


図3 Perpendicular View と最適透視曲線

6. 二尖弁 (Bicuspid Aortic Valve)

二尖弁は、3つのタイプに分類され RCC + LCC fusion pattern が最も多く、次いで RCC + NCC fusion pattern が多いとされる (図4)¹¹⁾。その非対称な解剖と高度な石灰化により人工弁の不適切な留置の危険性や十分に人工弁が拡張できないことによる弁機能不全、Paravalvular leakage (PVL) の危険性が指摘されたが、デバイスの進歩とサイジングの工夫で二尖弁は禁忌ではなくなった (図5)¹²⁾。また、四次元表示を使用することで二尖弁などの狭窄メカニズム診断の精度向上が期待できる (図6)。

main category: number of raphe	0 raphe - Type 0	1 raphe - Type 1	2 raphe - Type 2
	21 (7)	269 (88)	14 (5)
1. subcategory: spatial position of cusps in Type 0 and raphe in Types 1 and 2	lat 13 (4) 	ap 7 (2) 	L-R 216 (71) R-N 45 (15) N-L 8 (3)
2. subcategory:			
V F	6 (2)	1 (0.3)	79 (28)
A U	7 (2)	5 (2)	22 (7)
N C			3 (1)
L T			6 (2)
U I			6 (2)
S O			2 (1)
A R			2 (1)
N			
		3 (1)	1 (0.3)

図4 二尖弁の Sievers 分類

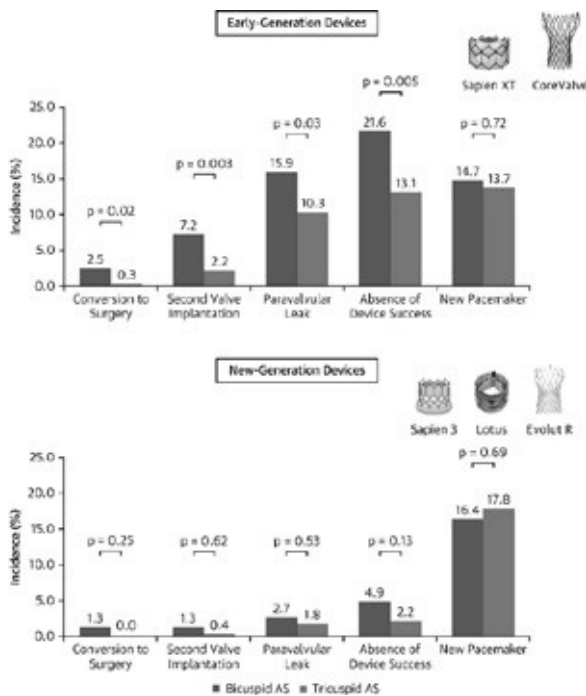


図5 二尖弁における TAVI



図6 四次元による二尖弁の評価

7. 二尖弁の計測

二尖弁の症例において生体弁の拡張は大動脈弁輪よりも大動脈側の inter-commissural space で

規定される場合が多い。当院では大動脈弁輪および大動脈弁輪より 5mm・8mm 上方を計測し比較することでサイジングを行っている (図6)。

ただし、二尖弁の TAVI 術前計測は標準化の過程にあり、引き続き検討が必要な領域である。図6は当院における二尖弁サイジング

8. おわりに

TAVI は、循環器内科医・心臓血管外科医・麻酔科医・その他専門医やコメディカルなど、それぞれの専門分野の知識や技術を持ち寄って患者にとって最適と思われる治療法を選択し治療を行う事で初めて可能となる。診療放射線技師が適切な撮影と計測を行うためには、医師の需要や検査の意味を把握することが大切である。さらに検査技師が個々にスキルを向上させるだけでなく、経験の差を最小限にするための標準化が必要である。それは安定した手技および合併症の減少や術後予後に寄与すると考えられ、患者にとって質の高い医療を提供できるものと考えられる。本稿では簡単ではあるが TAVI 術前における撮影および計測のポイントをまとめた。これが明日からの業務の一助になれば幸いである。

謝辞

今回の仕事は、貴重な時間を割いて懇切丁寧なご指導を賜りました当院医師をはじめ、スタッフなどの多くの方々にお世話になりました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

9. 参考文献

- 1) Cribier A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation* 2002;106:3006-8.
- 2) 経カテーテル的大動脈弁置換術関連学会協議会資料 / <http://j-tavr.com/facility.html>
- 3) Maeda K, et al. Impact of electrocardiogram-gated multi-slice computed tomography-based aortic annular measurement in the evaluation of paravalvular leakage following transcatheter aortic valve replacement: the

- efficacy of the OverSized Aortic Annular ratio(OSAKA ratio) in TAVR. J Card Surg 2013;28:373-9.
- 4) Hayashida K, et al: Transcatheter aortic valve implantation new criteria to predict vascular complications. JACC Cardiovasc Interv 2011;4:851-8.
 - 5) Guidelines for Surgical and Interventional Treatment of Valvular Heart Disease. JCS 2012.
 - 6) Stephan A et al. SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR). J Cardiovasc Comput Tomogr 2012;6:366-80.
 - 7) Hamdan A, et al. Deformation dynamics and mechanical properties of the aortic annulus by 4-dimensional computed tomography: insights into the functional anatomy of the aortic valve complex and implications for transcatheter aortic valve therapy. J Am Coll Cardiol 2012;59:119-27.
 - 8) Schultz CJ, et al. Cardiac CT: necessary for precise sizing for transcatheter aortic implantation. Eurointervention 2010;6 Suppl G:G6-13
 - 9) Ribeiro HB, et al. Coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation. A Systematic Review. J Am Coll Cardiol Intv 2013;6:452-61
 - 10) Gurvitch R, et al. Multislice Computed Tomography for Prediction of Optimal Angiographic Deployment Projections During Transcatheter Aortic Valve Implantation, JACC: CARDIOVASCULAR INTERVENTIONS, 2010;3:11:157-65
 - 11) Hans-H. Sievers MD: Claudia Schmidtke MD, MBA, A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens, The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Volume 133, Issue 5, May 2007, Pages 1226-1233
 - 12) Sung-Han Yoon MD et al, Outcomes in Transcatheter Aortic Valve Replacement for Bicuspid Versus Tricuspid Aortic Valve Stenosis, Journal of the American College of Cardiology, 30 May 2017, Pages 2579-2589

「当院におけるサイバーナイフによる放射線治療の現状」

さいたま赤十字病院

鈴木 裕之

1. はじめに

定位放射線治療は、ガンマナイフの登場により始まった。既存のリニアック治療機器の精度向上、位置検出用装置、動体追尾機構の発展により頭部から肺、肝臓、腎、前立腺などの体幹部へ用いられるようになった。サイバーナイフは、位置検出装置や動体追尾機構が優れた定位放射線治療用装置であり、小型線形加速器をロボットに搭載し、さまざまな角度から病変部へ放射線を照射できる。さいたま赤十字病院では移転に伴い、サイバーナイフを導入したので、当院の現状を紹介する。

2. サイバーナイフ

2-1 サイバーナイフシステムの構成

サイバーナイフの外観を図1に示す。

①はロボットアームに取り付けられた小型のリニアックである。ロボットアームの稼働範囲内のさまざまな場所にリニアックを移動させることができ、多方向から放射線を照射することが可能である。

②③はX線イメージングシステムである。天井に搭載された2つのX線管球と、床に埋め込まれた検出器から構成されており、直交する2方向から撮影される。

④の寝台はRobo Couch患者位置決めシステムと呼ばれ、6軸の自由度を持つロボットを使用する寝台である。寝台はコンピューター制御により、3つの並行移動方向（SI、LR、AP）と3つの回転移動方向（roll、pitch、yaw）に患者を動かすことができる。

⑤はLEDカメラである。寝台足元付近の天井にカメラが設置されており、患者体表面に設置したLEDから呼吸波形を検出する。



図1 サイバーナイフシステムの構成

2-2 画像誘導放射線治療の仕組み

放射線治療は、腫瘍に正確な照射を行うことが目的である。そのため治療開始直前に、位置照合を行うことによって、治療毎の位置ずれを低減することができる。しかし、患者を寝台に固定した場合でも、微小な体動や腫瘍自体の動きにより、時間ごとに腫瘍の位置が変動する。

サイバーナイフでは、治療中の画像（Live）と治療計画時の画像（DRR：Digital Reconstructed Radiograph）から位置ずれを計算し、ロボットの動きに反映させて自動的に照射位置が修正される（図2）。

この機能により、患者を寝台へ厳密に固定する必要がなく、断続的な位置確認と位置修正により、サブミリメートル単位の治療が可能となっている。



図2 位置確認装置
青色がLive画像、白色がDRR画像
①計算された位置ずれ②ロボットに反映される移動量

2-3 多方向照射（ノンコプラナー照射）

サイバーナイフはロボットの先端にリニアックが搭載されているため、多方向からの照射が可能である（図3）。サイバーナイフによる照射をイメージで伝えると、寝台の上に患者が寝ており、その上空にはプラネタリウムの星が広がっている。その星はロボットが移動可能な point であり、その point にロボットが移動し、患者に向かって放射線を照射する。

多方向からの照射をすることで、腫瘍に放射線を集中させることができる。また、特に守りたい正常組織が近傍にある場合には、放射線を避けるようなビームを配置することができる。



図3 サイバーナイフによる多方向照射

2-4 呼吸性移動を伴う部位への治療

肺や肝臓といった呼吸に伴い動く腫瘍に対しては、呼吸によって腫瘍が動いている範囲を全て含むように照射範囲を決定すると、重要な周辺正常

組織が照射範囲内に含まれる可能性が高まる。サイバーナイフには、腫瘍の動きを追尾するシステムが搭載されている。治療開始時に呼吸性移動のある体表面に3つのLED（図4）を配置し、LEDと腫瘍の位置から相関モデルを作成する（図5）。LED-腫瘍の相関モデルは、横軸がLEDの動き、縦軸は腫瘍の動きであり、腫瘍の並行移動方向（SI、LR、AP）は、それぞれ図5の①～③に表示される。呼吸位相の中で8～15回X線撮影を行い、相関モデルが完成する。治療時は、相関モデルを用いて腫瘍の位置を予測し、相関モデルを断続的に更新する。それにより、患者は自由呼吸下にて、呼吸性移動のある部位へ治療が受けられる。

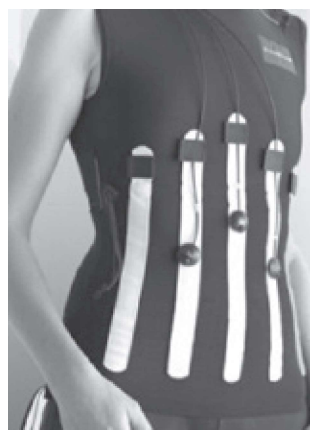


図4 LED



図5 LED-腫瘍相関モデル
図5は横軸がLEDマーカーの動きであり、縦軸が腫瘍の動きである。①はSI方向②はLR方向③はAP方向の相関を示している。

3. 当院の現状

3-1 サイバーナイフによる治療内訳

平成 29 年と平成 30 年の治療内訳をグラフ 1 に示す。照射部位の割合は、頭部への照射が最も多く全体の 35% を占めており、肺が 16%、肝臓 13%、前立腺 12%、骨 13% である。

頭部への照射は転移性脳腫瘍が多く、腫瘍のサイズと部位によって線量、回数を変更し、入院にて治療している。

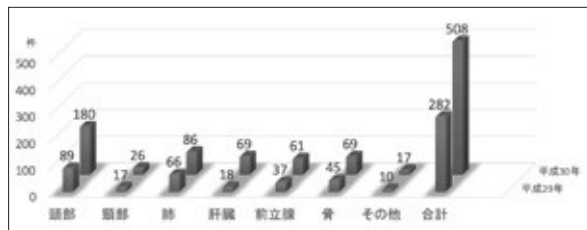
肺は、循環器などの合併疾患により手術非適応の患者や、高齢により手術を希望しない患者からの放射線治療依頼が多い。

肝は HCC が 9 割以上を占めており、TACE やアブレーションにて治療困難な部位の症例が多い。また、一度 TACE、アブレーション、放射線治療を行った患者からはサイバーナイフの希望が多く件数が増加傾向にある。

前立腺は、リニアックによる IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy) の分割照射か、サイバーナイフによる SBRT (Stereotactic body radiation therapy) を患者が選択している。平成 30 年は、治療回数の少ない SBRT を希望する患者が増加している。

緩和照射では骨転移が多い。骨転移では、照射回数が 2 ~ 3 回と短期間で終わるため、疼痛のひどい患者や、外来通院を希望する患者に有効である。

全体的にサイバーナイフによる治療は増加傾向にある。



グラフ 1 サイバーナイフによる治療内訳

3-2 治療の流れ

当院では安全で、患者の特性に合わせた治療を提供するために、初回の診察から照射終了までスタッフが情報を共有し連携している。当院の治療の流れを説明するため、金マーカーを用いない肺への定位照射における簡易的なフローチャートを図 6 に示す。

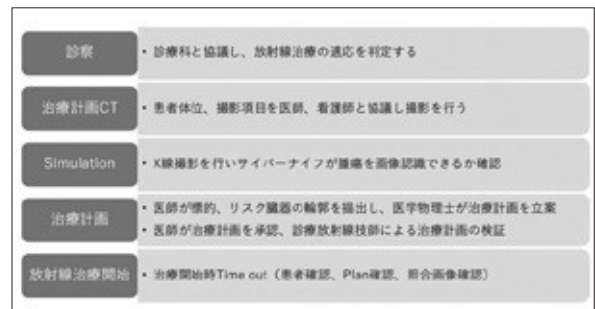


図 6 フローチャート

4. 症例

患者情報

79 歳 女性

1 原発性肺癌

右下葉原発 cT2bN0M0 II A 期 腺癌

定位照射目的にて他病院より紹介

以下図 6 に沿って紹介する

4-1 診察

サイバーナイフによる、放射線治療の適応を医師が判定する。患者が治療に同意した後、治療計画立案書を作成する (図 7)。各スタッフは治療計画立案書に基づき治療の準備を行う。

放射線治療計画立案書		Cyber Knife	申請医師
患者ID		照射部位 / 病名	
氏名		予定線量 / 回数	Op / 回
ペースメーカー	照射部	CT予定日	MRI予定日
(無・有)	(無・有)	/	/
RT / CT			
治療計画(撮影日)	CT (日 / /)、MRI (日 / /)		
Dr. Plan作成			
照射部位			
治療計画立案の撮影日時	CT (日 / /)、MRI (日 / /)		
輪郭入力 (PlanName)	Contoured (日 / /)		
プラン名 (開始予定日)	(日 / /)		
処方線量	PTV/GTV	Op	回 / 回線量 %
経管射野記入	射野 / 距離		
治療制限	定位 / 呼吸運動対策 / IMRT / 体幹部射 / 空位以外 / エキスナ		
治療HISオーダー	作成 / 印刷		
承認者	(日 / /)		
再PLAN	(無・有)		

図7 治療計画立案書

4-2 治療計画 CT 撮影

金マーカーを用いない肺癌治療において、以下の3種類を撮影している。

1. 呼気の息止め画像
2. 吸気の息止め画像
3. 自由呼吸下の画像

呼気、吸気の息止め画像は治療計画の輪郭描出に使用している。自由呼吸下の画像から腫瘍の3次元方向の動きと、腫瘍と正常組織の変形を確認し、治療計画に用いている。

4-3 Simulation

X線画像により腫瘍認識が可能か simulation を行う。自由呼吸下において kVX 線画像を撮影し、システムに腫瘍を認識させ、目視にて合否を判断する。腫瘍認識に成功した一例を図8に示す。腫瘍の形や、腫瘍と周辺組織（縦隔、心臓、脊椎など）の位置関係が腫瘍認識の可否に影響してくる。simulationの結果により、治療計画が異なるため、治療計画前に行う。

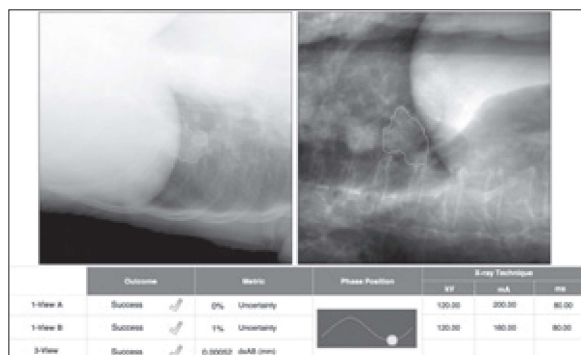


図8 simulation 画像

4-4 治療計画

simulationの結果を用いて、医師が治療計画装置にて輪郭描出を行い、医学物理士が治療計画の作成を行う。線量分布の一例を図9に示す。医学物理士は治療計画の作成に伴い、医師と情報共有し、立案時の注意点などを記載した Plan Report を作成する(図10)。Plan Reportには処方線量、線量制約、チェック項目が記載されている。

治療計画作成後、医師が治療計画を承認し、診療放射線技師が治療計画のチェック、検証を行う。

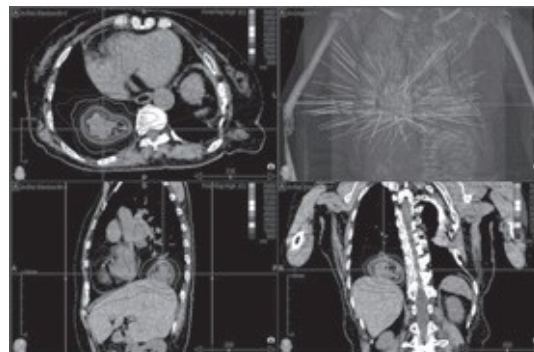


図9 線量分布図

項目	値	単位	制限値	注
患者ID	60-0 Gy	cc	70%	Isodose line
治療計画名	18.9 Gy	cc	6.5 cc	0 cc
Brainstem	6.0 cc	cc	23.1 Gy	8.8 Gy
Esophagus	17.7 Gy	cc	8.0 cc	0 cc
Liver	6.0 cc	cc	25.2 Gy	5.5 Gy
Lung (spare)	11.6 Gy	>	1500.0 cc	2900 cc
Spinal Cord	12.3 Gy	cc	1.2 cc	0 cc

図 10 Plan Report

4.5 放射線治療開始

患者治療開始時に、医師、医学物理士、診療放射線技師が集まり、Time outを行う。Time outは患者確認、Plan 確認、照合画像確認である。

5. 医療安全

放射線治療はヒューマンエラーや機器設定の誤りが、患者に対して時には死に直結する障害をもたらす危険性ははらんでいる。そのため放射線治療の安全管理体制の確立と、継続的な品質管理が大切である。当院では、医師を委員長とする放射線治療品質管理委員会を整備し、医学物理士、品質管理士、看護師、事務、診療放射線技師が協議を重ね、放射線治療一連の品質管理を行っている。具体例として、初回診察から治療終了までのプロセスを調査したことが挙げられる。各サブプロセスで各職種（医療事務、看護師、医師、医学物理士、診療放射線技師）の業務内容をヒアリングし、その関係性を明らかにした（図 11）。プロセスは時系列順に並んでおり、矢印は、サブプロセス間の情報や固定具などの物の流れを示している。

続いて、各プロセスの担当職種に、不具合の推定原因と発生頻度をヒアリングした。さらに、その不具合が発生した場合の患者への影響と、検出方法の有無についてチェックを行った。例えば「治療方針決定時に総線量が間違ふ」という不具

合の推定原因として寡分割、加速分割選択時の間違い、リスク分類の把握間違い、原発巣と転移巣の勘違いが項目に上がった。発生頻度は数年に一度という割合で発生する。不具合が発生した場合、患者への影響は中～高程度の治療を要する損傷と考えられる。この不具合の検出方法（タイミング）は、患者ファイルへの記入（看護師）、照射準備時の確認（診療放射線技師）、医師によるプラン方針決定時の確認（医師）、Time Out（医師、医学物理士、診療放射線技師）がある。このため「治療方針決定時に総線量が間違ふ」という不具合に対しては、検出のための手段が整っており、極めて有効な状況にあると判断した。

このように 97 項目を選出、精査しプロセスの不具合の中で特に危険なものをピックアップし是正処置を行った。

更に定期的な品質管理会議では、各職種のプロセスにて発生した不具合を PDCA サイクル（Plan、Do、Check、Act）に基づいて是正処置を行っている。

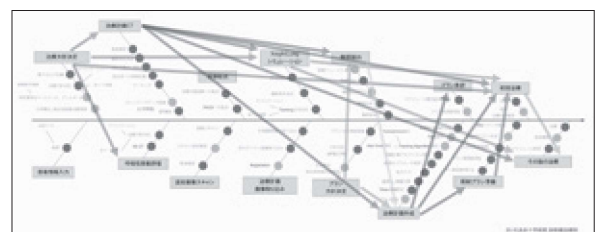


図 11 プロセスマッピング

6. おわりに

長寿高齢化に伴い放射線治療の役割はますます大きくなってきている。高度化する放射線機器の理解と安全管理に加えて、診療放射線技師は、患者の状態を把握する中心的役割を担っている。患者の変化を見逃さないように、毎日の短い会話や顔色を注意深く観察している。患者中心の医療を実現するため、診療放射線技師は医師、看護師、事務に加えて患者から多くの役割を求められているように感じる。

7. 参考文献

- ・放射線治療における医療事故防止のための安全管理体制の確立に向けて（提言）最終報告 公益

社団法人 日本放射線腫瘍学会
・やさしくわかる放射線治療学 日本放射線腫瘍
学会 監修
・サイバーナイフによる定位放射線治療 宮崎伸
一郎・堀智勝 著