

放射線治療臨床試験におけるリスク臓器の描出： Global Harmonization グループのコンセンサスガイドライン

日本語訳

翻訳代表者

木藤 哲史（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））

中島 祐二郎（駒澤大学 医療健康科学部 診療放射線技術科学科）

河原 大輔（広島大学大学院 医系科学研究科）

翻訳者（五十音順）

阿部 幸太（千葉大学大学院医学研究院 MR 画像誘導即時適応放射線治療学寄附講座）

角谷 倫之（東北大学病院 放射線治療科）

黒岡 将彦（東京医科大学病院 放射線治療部 放射線治療品質管理室）

篠田 和哉（茨城県立中央病院 放射線技術科）

遠山 尚紀（駒澤大学 医療健康科学部 診療放射線技術科学科）

中村 光宏（京都大学 大学院医学研究科 医学物理学分野）

沼崎 穂高（大阪大学大学院 医学系研究科 生体物理工学講座）

平島 英明（京都大学 大学院医学研究科 放射線腫瘍学・画像応用治療学分野）

公益社団法人日本放射線腫瘍学会 2023・2024 年度研究課題
「放射線治療情報の相互利活用に向けた輪郭名称の命名標準化」

研究代表者 篠田和哉（茨城県立中央病院）

Guidelines

Organ at risk delineation for radiation therapy clinical trials: Global Harmonization Group consensus guidelines

Romaana Mir^{a,*}, Sarah M. Kelly^{b,c}, Ying Xiao^d, Alisha Moore^e, Catharine H. Clark^{f,g}, Enrico Clementel^b, Coreen Corning^b, Martin Ebert^{e,h,i}, Peter Hoskin^a, Coen W. Hurkmans^j, Satoshi Ishikura^{k,l}, Ingrid Kristensen^m, Stephen F. Kryⁿ, Joerg Lehmann^{e,o}, Jeff M.^p, Angelo F. Monti^{b,q}, Mitsuhiro Nakamura^{k,r}, Kenton Thompson^{e,s}, Huiqi Yang^t, Eduardo Zubizarreta^u, Nicolaus Andratschke^{b,v,1}, Elizabeth Miles^{a,1}

a National Radiotherapy Trials Quality Assurance (RTTQA) Group, Mount Vernon Cancer Centre, United Kingdom;

b European Organisation for Research and Treatment of Cancer (EORTC) Headquarters;

c Quality and Excellence in Radiotherapy and Imaging for Children and Adolescents with Cancer across Europe in Clinical Trials (QUARTET) Project, SIOP Europe, Brussels, Belgium;

d Imaging and Radiation Oncology Core (IROC), University of Pennsylvania, Philadelphia, United States;

e Trans Tasman Radiation Oncology Group (TROG), Newcastle, Australia;

f National Radiotherapy Trials Quality Assurance (RTTQA) Group, Royal Surrey NHS Foundation Trust; g National Physical Laboratory (NPL), Teddington, United Kingdom; h Sir Charles Gairdner Hospital and University of Western Australia;

i School of Physics, Mathematics and Computing, University of Western Australia, Australia;

j Department of Radiation Oncology, Catharina Hospital, Eindhoven, The Netherlands;

k Japan Clinical Oncology Group (JCOG);

l Department of Radiology, Nagoya City University Graduate School of Medical Sciences, Nagoya, Japan; m Radiation Physics, Department of Hematology, Oncology and Radiation Physics, Skåne University Hospital, Sweden;

n The University of Texas MD Anderson Cancer Center, United States, Imaging and Radiation Oncology Core (IROC);

o Calvary Mater Hospital and School of Mathematical and Physical Sciences, University of Newcastle, Australia, Radiation Oncology;

p Washington University School of Medicine, St.Louis, United States;

q ASST Niguarda Hospital, Medical Physics, Milan, Italy;

r Kyoto University Graduate School of Medicine, Human Health Sciences, Information Technology and Medical Engineering, Division of Medical Physics, Kyoto, Japan;

s Peter MacCallum Cancer Centre, Melbourne, Australia;

t Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust, Cambridge, United Kingdom;

u International Atomic Energy Agency (IAEA), Division of Human Health, Applied Radiation Biology and Radiotherapy Section, Vienna, Austria;

v University of Zurich, Zurich, Switzerland

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 February 2020

Received in revised form 12 May 2020

Accepted 24 May 2020

Available online 3 June 2020

Keywords:

Radiotherapy

Contouring

Delineation

Nomenclature

Standardization

Quality assurance

* Corresponding author at: National Radiotherapy Trials Quality Assurance Group, Mount Vernon Cancer Centre, Rickmansworth Road, Middlesex HA6 2RN, United Kingdom.

E-mail address: romaana.mir@nhs.net (R. Mir).

¹ Joint last authors.

<https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.05.038>

0167-8140/ 2020 The Authors. Published by Elsevier B.V.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

放射線治療臨床試験におけるリスク臓器の描出：

Global Harmonization グループのコンセンサスガイドラインの翻訳に際して

放射線治療の高精度化に伴い、強度変調放射線治療（IMRT）は多くの施設で実施可能となりました。一方で、治療計画 CT 上に描出する輪郭の個数は増加しました。治療計画に関与するスタッフ人数や職が増えるにつれ、輪郭の名称管理が困難な状況に陥り、多種多様な輪郭の名称の存在によって、治療計画情報の包括的管理に苦勞されている施設も少なくないと推測します。そのため、以前から「輪郭名称の標準化が必要」との声が上がるようになっており、施設によっては独自に輪郭名称の標準化を進めている場合もあるかもしれません。

今回、Global Harmonization グループのコンセンサスガイドラインの和訳版を発行した理由は、本ガイドラインが前述の問題の解決の一助となることを期待したためです。本ガイドラインは JCOG を含む国際的な 6 つの放射線治療 QA グループの協力により作成され、リスク臓器（OAR）の輪郭名称の国際基準が示されています。これに準拠して輪郭を定義することで、作業者の勘違いの防止や多施設間の相互連携にまつわる多くのトラブルを回避することができます。加えて Appendix には、各臓器の描出方法に一定の基準が明示されており、これに従って描出することでスタッフ間の描出差異が減ることが期待されます。

また、輪郭の名称標準化は、治療計画業務の効率化を進めるうえで欠かせません。業務の自動化のカギを握るスクリプトを利用するには、輪郭の名称が標準化されていることが必須であり、これによりプログラムを円滑に動かすことができます。

臨床試験などの多施設研究においては、治療計画情報（DVH、ROI 毎の線量情報など）の収集を効率良く実行できることに繋がり、放射線治療領域の今後の研究を促進することが期待されます。

この日本語訳が、治療計画業務に携わる多くの関係者の目に触れ、ROI の名称標準化の重要性に気づいていただき、日々の業務における活用ならびに今後の研究促進の足がかりになることを祈念いたします。

2024 年 6 月

研究班代表 篠田 和哉

翻訳代表 木藤 哲史

本日本語訳は、非営利目的の使用に限り著者より作成許可を得ています。無断での複製及び配布などをご遠慮ください。

免責事項

本日本語訳の元となる英語論文は、**Radiotherapy and Oncology** 雑誌で公開されています。本日本語訳は、元論文の著者等によって検証されたものではありません。

Disclaimer

The original English article of this Japanese translation is published in the Journal of Radiotherapy and Oncology. The translation has not been verified by the original authors.

要約

背景と目的：Global Quality Assurance of Radiation Therapy Clinical Trials Harmonization Group (GHG) は、放射線治療品質保証 (RTQA) グループの共同グループであり、多施設臨床試験における RTQA の調和と改善を図っている。GHG OAR ワーキンググループの目的は、AAPM TG 263 および ASTRO に準拠した OAR の単一の参照リストを作成することにより、RTQA グループ間で OAR 輪郭描出指針を統一することである。

材料と方法：GHG OAR ワーキンググループは、6つの国際的な RTQA グループと関連組織の 22 名の多職種から構成され、(1) 臨床試験文書のレビューと関心構造の特定 (2) 既存の輪郭描出指針のレビューと OAR 輪郭描出指針案の調査 (3) 標準化 OAR 命名法での輪郭描出指針への推奨を含む調査フィードバックのレビュー、の 3 段階で作業を行った。

結果：157 の臨床試験が調査され、222 の OAR 構造が特定された。重複、非解剖学的、非特異的、より具体的な代替命名法を持つ構造、および 1 つの RTQA グループが特定した構造を除外し、58 の関心構造を残した。6 個の OAR 記述が修正なしで受け入れられ、41 個がマイナーな修正を必要とし、6 個がメジャーな修正、20 個がフィードバックの結果として開発され、5 個がフィードバックに応じて除外された構造であった。最終的な GHG コンセンサス指針には、査読を受けた 73 個の OAR が含まれている (付録 A)。

結論：臨床試験で使用するために、標準化された命名法を用いて OAR の説明を提供する。より統一されたデータセットは、臨床試験から臨床的に適切で有効な結論を出すことを支援する。

導入

放射線治療を用いた臨床研究は、以下の2つに大別される：1つ目は適切に実施された前向き臨床試験から高水準のエビデンスを創出すること、2つ目はビッグデータから抽出された実世界のデータを後ろ向きに評価することである[1, 2]。これらの結果から得られる線量体積指標、有害事象、臨床成績は、正常組織障害発生確率（NTCP）モデルの開発や、将来の放射線治療計画における危険臓器（OAR）の線量制約の設定に役立つ[3]。臨床研究において線量体積指標の報告基準にばらつきがあると、堅牢な結論を導く能力が低下し、臨床成績の妥当性に影響を与える[4-6]。

医療機関の間でデータ収集する際に問題となるのは、命名則が統一されていないことである[1, 7-9]。OARの輪郭描出指針に不備があると、医療機関の間で輪郭のばらつきが増加する[10]。輪郭名や輪郭描出指針の一貫性と正確さは、輪郭描出の変動を最小限に抑えるだけでなく、部門内の運用手順や安全性を向上させ[9, 11-14]、臨床医による相互評価にも好影響を与える[9]。放射線治療におけるアクシデントの原因として、コミュニケーション不足と操作手順書の不備が指摘されており、特に医療者間で患者引き継ぎを行う際に顕著である[11-16]。PHEの報告書によると、2019年8月から11月までに、1565件のアクシデントが報告され、そのうち80件で標的体積（TV）やOARに関連する放射線治療のエラーやニアミスが見られた[16]。

用語の標準化は、データ収集、スクリプト化、報告書の自動化を容易にする。これは、放射線治療部門の品質保証（QA）、国内データベースへの登録、または放射線治療を用いた多施設共同臨床試験においても同様である。研究者間や医療機関の間でデータ収集やデータ共有に関する合意を得ることは、研究を効率的に推進し、臨床試験全体の質向上に資する[3]。データを標準化することで、線量制約の堅牢な導出や線量効果関係のモデル化も可能となる[1-7]。

2次元放射線治療（2D RT）から3次元原体放射線治療（3D CRT）、強度変調放射線治療（IMRT）、陽子線治療（PBT）に移行したことにより、TVに線量を集中させつつOAR線量を低減させることが可能となった[17, 18]。線量分布の最適化において、線量分布の質は治療計画者が設定した最適化パラメータに依存する。OARの輪郭描出が過小な場合、OAR線量は計画線量よりも増加する[19]。つまり、有害事象の増加や予期せぬ有害事象の発生につながる可能性がある。一方、OARの輪郭描出が過剰であると、不必要にTVへの線量を妥協することになる。がん治療に対する逐次治療や集学的治療が利用されている中、OARの輪郭描出の不正確性やそれに伴う不適切な最適化パラメータの設定は、OARに不適切な線量を投与する危険性をもたらす。これにより、正常組織への「線量過多」が起これば、治療過程で予期せぬ有害事象が生じる可能性が高まる。

QUANTEC レビューでは、OARの線量制約が提案されている。治療方針の選択が患者の臨床成績にどのように影響するかを理解することが、放射線腫瘍学の進展に重要であると認識されている[1, 3]。

言語と用語を統一する必要性が強調されており、一貫性を担保することで、運用手順の改善とワークフロー管理に好影響を与えることも示されている[9]。国際放射線治療コミュニティは安全文化の醸成に努めて

いる。例えば、PSA[11]、ROSEIS[13]、放射線腫瘍学インシデント学習システム（RO-ILS）[15]、PHE[16]、ASTRO[14]などは、放射線事故の発生原因としてコミュニケーション不足を挙げている[16]。

AAPMは、患者の安全性向上の推進力となっている。AAPMタスクグループ（TG）報告書113 [20]および263 [2]では、標準化された用語の使用を推奨している。TG113およびTG 263の両方において標準化されたTVおよびOARの輪郭名が公表され、これにより名称のばらつきが減少し、複数の企業間のプラットフォームの連携を容易にしている。

ASTRO 医務・品質管理委員会は、治療部位毎に描出すべきOARの指針を提供している。それらのOARの輪郭を描出することは、治療方針に依らず合意された推奨事項であり、基本的な最低基準のケアを提供するために必要である。また、ある解剖学的部位に特化した臨床試験において、臨床状況に依存して考慮すべきOARも存在する[18]。

RTTQAは、NIHR CRNで実施されたポートフォリオ研究において、OAR特有の輪郭描出指針の現状をまとめた[10]。治療対象部位が決まっている臨床試験においても、OARの輪郭にばらつきが見られた。この研究では、臨床試験のプロトコルに記載されているOARのうち85.3%が、輪郭描出において適切でない指針を提供していることがわかった[10]。

The Global Quality Assurance of Radiation Therapy Clinical Trials Harmonization Group (GHG) (<https://rtqaharmonization.com>) は、放射線治療品質保証を主担当とするメンバーから構成されたグループであり、EORTC、IROC、JCOG、RTTQA、TROGから構成されている。また、ACDS、CCTG、ESTRO、IAEA、NPL、QUARTET、RDSもオブザーバーとして参画している。

GHGの目的は、多施設の臨床試験における放射線治療の品質を向上させることであり、品質保証の調和を図ることで、臨床試験の報告内容、解釈、臨床結果を記述する際に発生する曖昧さを減らすことである。GHGは、放射線治療を含む成人患者を対象とした臨床試験で使用するためのOAR命名則の標準化と相互評価された輪郭描出指針の必要性を認識している。

GHG OARワーキンググループは、国際的な放射線治療の品質保証グループおよび関連する組織から22人のメンバーで構成された共同グループであり、放射線治療に携わる様々な専門家や関係者が参画している。

GHG OARワーキンググループの目的は、放射線治療照射技術に依存しない将来の臨床試験プロトコルに統合するための、相互評価され解剖学的に定義された輪郭描出指針と共に、単一のOARの参照リストをまとめることで、すべてのQAグループでOARの輪郭描出指針を統一することである。

材料と方法

GHG OAR ワーキンググループは、3つの段階に分けて作業を行った（図1）。

第1段階

2018年8月から11月にかけて、EORTC、IROC、RTTQA、TROGの各QAグループの代表が、症例登録中または設定中の放射線治療QA要素を持つ臨床試験の文書をレビューした。収集したデータは、臨床試験開始日、放射線治療技術、放射線治療が行われた解剖学的部位、OARの命名法、および関連する輪郭描出指針であった。

標準化された命名法[2]に従って使用中のOARを照合し、ASTRO Clinical Affairs and Quality Councilの指針[18]で推奨または輪郭描出が考慮されているOARと結合した。重複、非解剖学的、非特異的な構造、および、代替となる特定の輪郭がある構造は除外された。2つ以上の放射線治療QAグループによって特定された構造物も含まれるため、「関心構造」が作成された。

第2段階

各構造に関連する輪郭描出指針は、臨床試験プロトコル、外部文献、または既存の代替臨床試験文書から照合された。輪郭描出指針の要素は、GHG OAR ワーキンググループが事前に定義した方針（図2）に従って検討され、各構造に適用された。AAPM TG 263 [2]に準拠したOAR命名法を用いた輪郭描出指針案を作成し、各QAグループに配布し、各QAネットワーク内の放射線治療臨床試験担当者に命名法案と輪郭描出指針案を配布した。調査に参加した治験責任医師は、提案されたOAR輪郭描出指針について自由記述で意見を述べるよう指示された。

第3段階

調査対象者からの匿名化されたフィードバックは、GHG OAR ワーキンググループによって、事前に定義された目的に照らして一元的に検討され、合意されたOAR輪郭指針に組み込まれた。提案されたOARガイドラインは、受諾、軽微な修正を伴う受諾、または大規模な修正を伴う受諾のいずれかとなった。大幅な修正とは、境界線の修正を含むOARの記述の完全な修正を意味し、軽微な修正とは、省略されたランドマークの挿入、境界線の改善、またはユーザーに理解し易い文章構造の調整を意味する。

GHGのワーキンググループによるレビューでは、国際的な臨床コミュニティから寄せられた調査のフィードバックに応じて、OARの除外、新しいOARの命名法（AAPM TG 263で利用できない場合）および輪郭描出指針を開発することができた。このコンセンサスレポートの作成にあたり、倫理的承認は必要なかった。

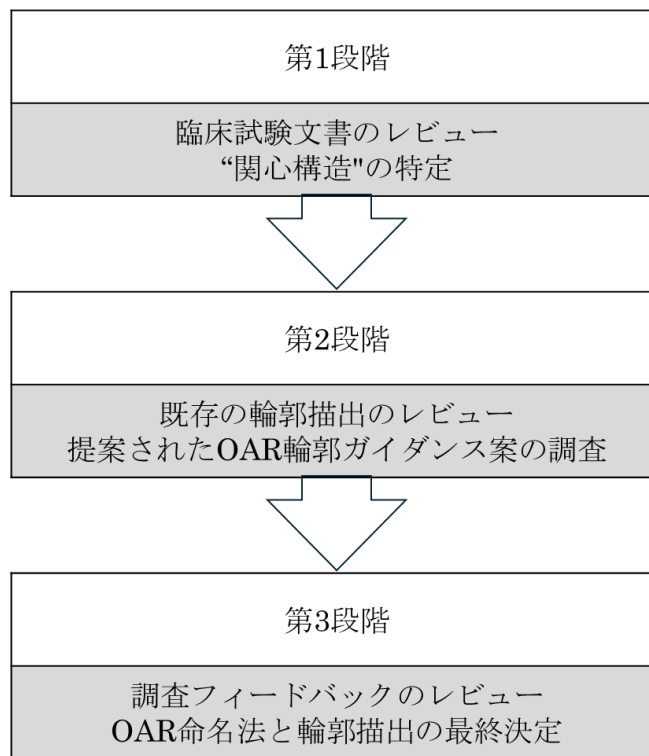


図 1. 作業の 1、2、3 段階

1. 各 OAR^sに 1つの名称と 1つの説明を設定する
2. OAR は解剖学的に定義されたものであり、すべての治療シナリオに同じ説明を用いるべきである
3. OAR 輪郭描出指針は、標準的な解剖学的構造を持つ成人に適用される
4. 側性（ラテラリティ）は関連するすべての OAR で定義される
5. 輪郭描出指針には解剖学的ランドマークと境界*の定義が組み込まれている。患者の体位に関係なく指針が明確になるように、上方、下方よりも頭側、尾側の用語を優先して使用する
6. 輪郭描出指針に最適なウィンドウ設定と画像モダリティを組み込む
7. 臨床試験プロトコルは以下を規定する
 - a. 患者の事前準備と造影剤の使用
 - b. 患者のポジショニングと固定
 - c. モーションマネジメント技術
8. PTV の限界を超えて OAR を描出する範囲
9. 部分的な構造の輪郭を示すために~という接尾辞の追加を検討する^s（例：SpinalCord~）

図 2. GHG OAR ワーキンググループのコンセンサスとなる輪郭描出指針を作成するための事前定義された方針。^sAAPM TG 263 の勧告と一致する。*境界の定義：頭側、尾側、内側、外側、前側、後側；OAR：危険臓器；PTV：計画標的体積。

結果

放射線治療を含む 157 件の臨床試験が、QA グループから募集中または設定中と確認された：EORTC から 14 件（8.9%）、IROC から 38 件（24.2%）、RTTQA から 84 件（53.5%）、TROG から 21 件（13.4%）。この中で最も古い臨床試験は、2004 年 11 月に開始されたものである。全体として、2D RT を含む臨床試験は 2 件、3D CRT を含む臨床試験は 61 件、IMRT の使用が認められた臨床試験は 103 件であった。体幹部定位放射線治療（SBRT）、定位手術的照射（SRS）、PBT はそれぞれ 29、3、7 件の臨床試験で無作為化に含まれていた（表 1）。臨床試験文書から 206 件の OAR が確認された。ASTRO の指針（推奨構造、作成を検討する構造）には記載されているが、臨床試験文書では確認されていない構造が 16 件追加で確認された。重複を除外した結果（表 2）、117 個の異なる構造が残った。解剖学的でない構造、非特異的な構造、より具体的な代替がある構造、1 つまたは少数の放射線治療 QA グループが監視する臨床試験で特定された構造を除外した結果、58 の構造が注目されることとなった。

注目の構造物

関心のある 58 の構造のうち、39（67.2%）は ASTRO が推奨し、作成を検討する OAR と一致した[18]。16 の構造は、ASTRO 指針で輪郭描出のために特定されたが、QA グループの臨床試験文書内には含まれていないものであった。馬尾は、どの QA グループの臨床試験文書にも記載されていないが、ASTRO は輪郭描出を推奨している唯一の構造（図 3）であった。

腕神経叢は、4 つの放射線治療 QA グループすべてで輪郭描出の対象とされているが、ASTRO では頸椎、上咽頭、中咽頭、喉頭、下咽頭、頸部食道、首、乳房、鎖骨上窩、腋窩、肺に関わる治療でのみ輪郭描出を考慮すべき構造として確認されている。

ASTRO が推奨する 32 の構造のうち、30（93.8%）は 2 つ以上の QA グループがモニターした試験で確認され、17（53.1%）は 4 つの QA グループすべてがモニターした試験で確認された（図 3）。ASTRO が作成を検討する乳房、胸壁、大血管、気管は 3 つの QA グループ、生殖器、海馬、卵巣は 2 つの QA グループで確認された。

表 1. 解剖学的治療部位と許可された放射線治療照射技術

	CNS	H&N	Thorax	Abdomen	Pelvis	Any*
2D RT						2
BT					1	
3D CRT	11	3	16	9	12	10
IMRT	15	24	20	9	31	4
SBRT			6	6	5	12
SRS	3					
PBT	2	1	2	2		

*BT：小線源治療、CNS：中枢神経系、H&N：頭頸部、IMRT：強度変調放射線治療、PBT：陽子線放射線治療、SBRT：体幹部定位放射線治療、SRS：定位手術的照射、2D RT：2次元放射線治療、3D CRT：3次元原体放射線治療。

表 2. 除外された構造の例

除外理由	構造	コメント
解剖学的でない	Bag_ostomy Pacemaker	オストミーバッグ（人工肛門増設バッグ）
非固有（個別）	Bronchus_Adj RVR	PTV に接する気管支 Remaining volume at risk
より具体的な代替がある	Bronchus_Main Bronchu_L/R Reprod^Female	Trachea と Bronchus_Prox に組み込まれる 卵巣、子宮、膣の包含構造
1つの放射線治療 QA グループでのみ使用されている	Ear_L/R Liver-Ves	Liver vessels

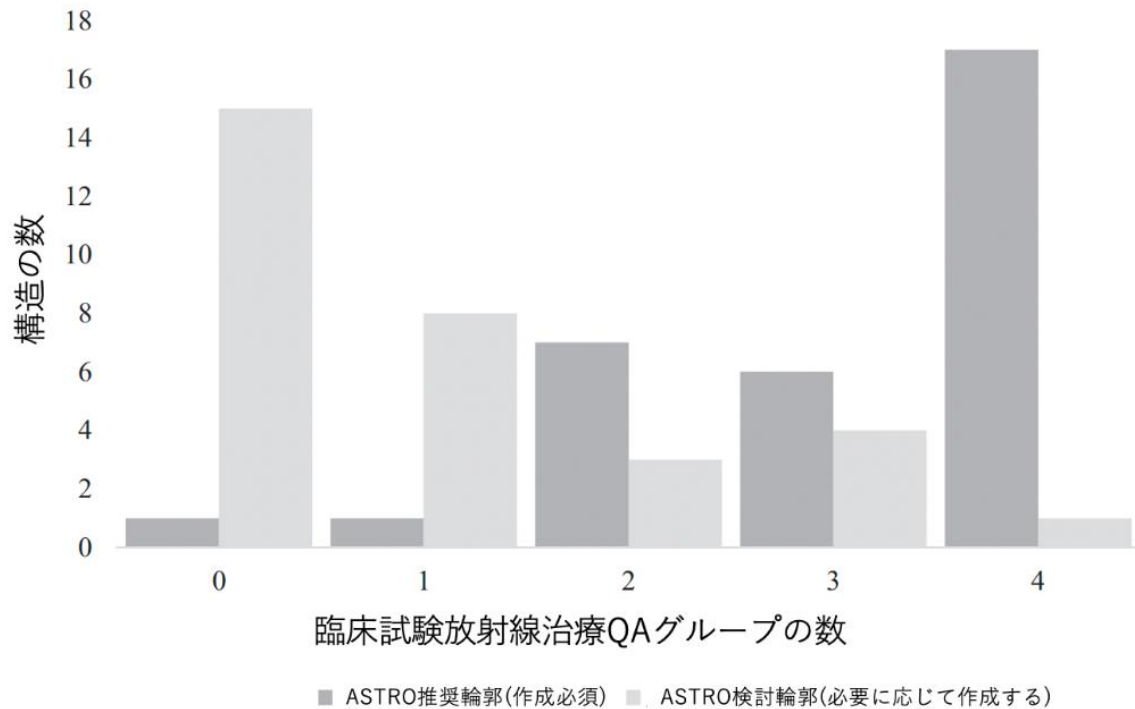


図 3. ASTRO の輪郭を扱う QA グループ

調査

15 カ国 38 施設から 41 名の放射線腫瘍医と 6 名の放射線治療医 (RTT) が調査に参加し、関心のある 58 の構造についてコメントした。各 OAR あたりの平均回答数は 17.72 (IQR 14-21)、調査対象者は専門部位によって異なる：消化器系および頭頸部悪性腫瘍がそれぞれ 9 名、肺がんが 7 名、乳がん、中枢神経系および泌尿器系悪性腫瘍がそれぞれ 6 名、肉腫が 5 名、婦人科腫瘍が 4 名であった。調査の結果、6 つの OAR の名称が修正なしで受け入れられ、41 の記述が軽微な修正で受け入れられ、6 つの記述が大きな修正を受けた (図 4)。AAPM TG 263 の既存の命名法の選択肢は、調査対象となった構造のうち、3 つは要件を満たさないため、新しい命名法が作成された：Bronchus_Prox, FemurHeadNeck_L/R, LumbSacPlexs (LumbSacPlex_L/R with laterality designation)。調査の結果、20 の記述が作成されたが (図 5)、そのうち 7 つは AAPM TG 263 [2] であらかじめ定義された標準的な命名法を持っていなかった。

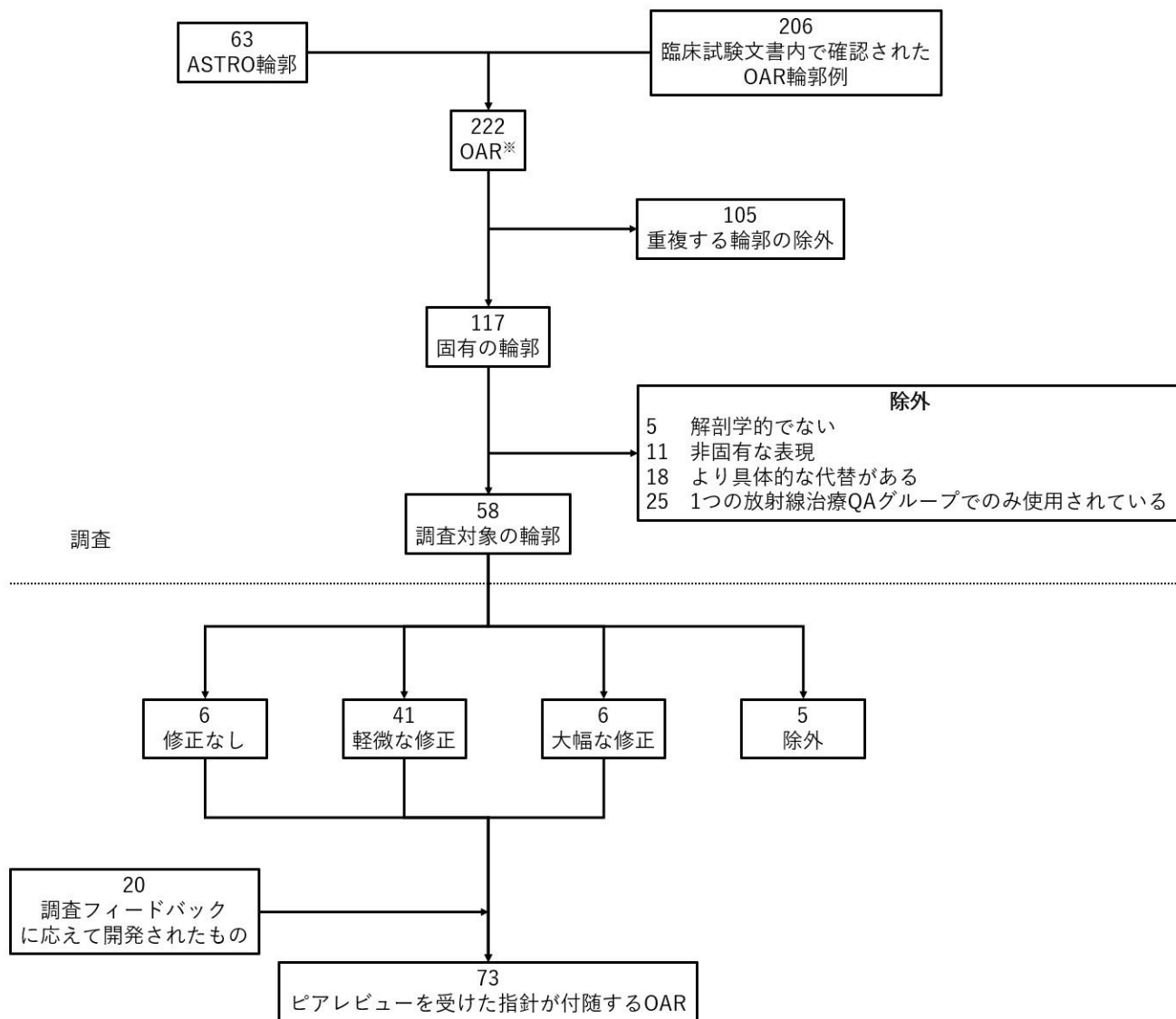


図 4.OAR 指針調査とフィードバックの回答。*206 の OAR 輪郭例と ASTRO [18] のコンセンサス指針内に記載されているが臨床試験文書で確認されなかった 16 の OAR 構造を含む。

心臓

心臓の頭側の境界に関する記述は、臨床試験によって異なっている。心臓の頭側の境界として 6 つのランドマークが使用されている：肺動脈上面、大動脈-肺動脈窓、上行大動脈起始部、左肺動脈下面、肺動脈幹と右肺動脈が別々の構造として見える点、右心室内腔。肺癌に対する分割根治照射、原発性肺癌やオリゴ進行(乏進行性疾患)、原発性がんからのオリゴ転移(乏転移性疾患)に対する肺への SBRT に関する臨床試験では、最上位の頭側の境界線が主に使用された。

リンパ腫や乳房から発生する原発腫瘍の臨床試験では、肺動脈幹と右肺動脈が別々の構造として見えるポイントが使用された。

AAPM TG 報告書 101 [21] と UK Consensus on Normal Tissue Dose Constraints [22] は、SBRT の設定における心臓照射の毒性エンドポイントを \geq grade 3 心膜炎と推奨している。心膜が完全に包含されるように、SBRT の文脈では、心臓の頭側の境界は肺動脈の上まで延長され、大血管外膜の線維性心膜の付着部を含む [23]。

上記の情報を考慮すると、調査対象者は、記述された心臓の頭側の境界のうち、肺動脈の上側と、肺動脈幹と右肺動脈が別々の構造として見える点の2つを好んでいた。調査のフィードバックに応え、また事前に定義された目的（図 2）の例外として、GHG の OAR コンセンサス指針の中で、2つの異なる心臓構造が定義されている：*Heart +A_Pulm* および *Heart*。

41 Minor amendment		20 Developed in response to survey feedback	
BileDuct_Common	Musc_Constrict_I	A_LAD	Jejunum_Ileum
Bone_Mandible	Musc_Constrict_M	Bowel_Large	Larynx_SG
Bowel	Musc_Constrict_S	Bowel_Small	Musc_Constrict
BrachialPlex_L/R	OpticChiasm	Canal_Anal	Must_Cricophar
Brain	OpticNrv_L/R	Colon_Sigmoid	Ovary_L/R
Brainstem	Parotid_L/R	Esophagus_S	Retina_L/R
Breast_L/R	PenileBulb	Eye_A_L/R	Spc_Bowel
Bronchus_Prox	Pituitary	Eye_A_L/R	
Chestwall_L/R	SpinalCord	Fossa_Pituitary	
Cochlea_L/R	Spleen	Glottis	
Eye_L/R	Stomach	Heart+A_Pulm	
FemurHeadNeck_L/R	Trachea	Inlet_Cricophar	
Genitals	Ureter_L/R	Inlet_Esophagus	
GlnD_Lacrima_L/R	Urethra_Prostata		
GlnD_Submand_L/R		6 No amendment	6 Major amendment
GlnD_Thyroid		Bladder	CaudaEquina
GreatVes		Duodenum	Cavity_Oral
Heart		Esophagus	LumbSacPlex_L/R
Hippocampus_L/R		Pancreas	Rectum
Kidney_L/R		Skin	SpinalCanal
Kidney_Cortex_L/R		Testis_L/R	Urethra
Larynx			
Lens_L/R			
Lips			
Liver			
Lobe_Temporal_L/R			
Lung_L/R			
5 Excluded Bag_Bowel, Kidney_Pelvis, Loop_Bowel, SeminalVes, VBXX			

図 5. GHG コンセンサス OAR。73 の GHG コンセンサス OAR を濃いグレーで、5 つの除外 OAR を薄いグレーで表示したトレマップで、修正なし、マイナー修正、メジャー修正、調査フィードバックに対応して開発したものに分類している。太字の構造は、AAPM TG 263 に存在しない命名法であることを示す。

皮膚

皮膚輪郭は、臨床試験文書や外部文献において、放射線治療計画や最適化プロセスを支援するため、あるいは別の OAR として、「輪郭を描くべき」、「除外すべき」、「含めるべき」と強調されている。この要望は、輪郭描出指針を伴うことはほとんどなかった。

臨床および線量評価研究のレビューでは、実践にばらつきがあることが示されている [24-32]。臨床試験の文書から輪郭描出のために推奨される皮膚の厚さは 3~6 mm であった。解剖学的に皮膚の厚さは部位によって異なり、1.5~5 mm である [33]。輪郭描出指針では、体輪郭から自動的に作成される内側 5 mm のリング状輪郭を皮膚構造とする [34]。GHG OAR コンセンサス指針は、公開された輪郭描出指針を反映しているが、皮膚の厚さは関心領域によって異なることに注意が必要である。

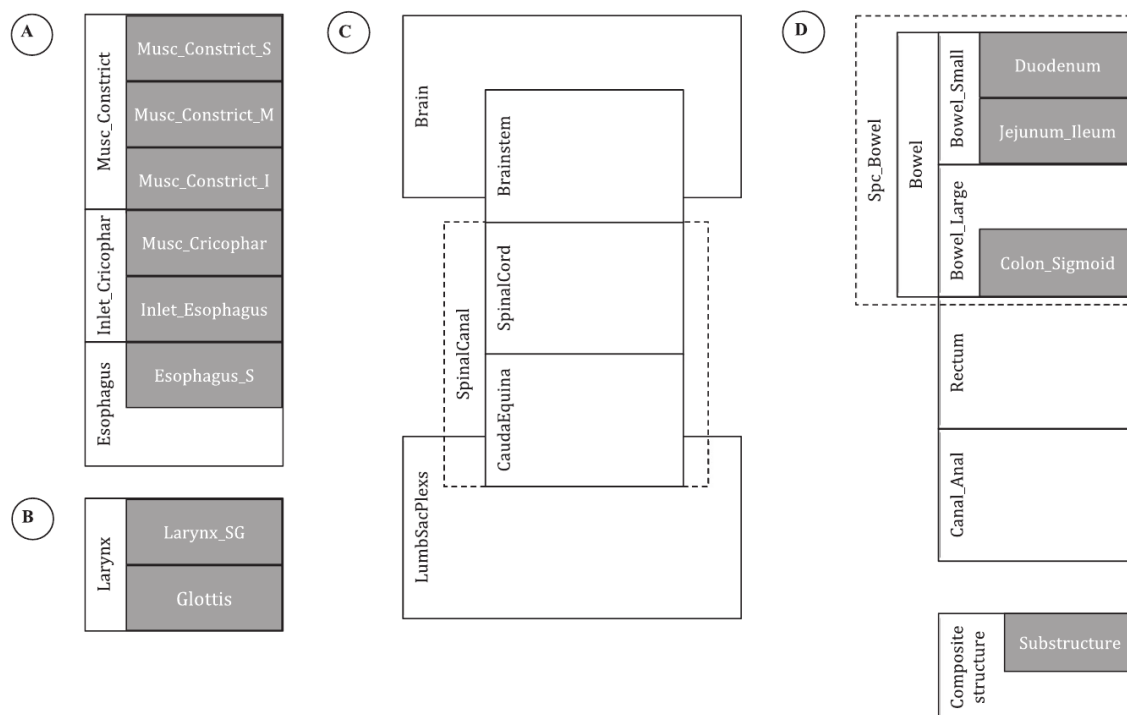


図 6. 複合輪郭と個々の部分輪郭との関係。A は頸部の嚥下輪郭、B は喉頭輪郭、C は中枢神経系、D は横隔膜下胃腸管。

腸管

調査員に配布されたアンケートでは、腸は幽門から直腸-S 状結節までの包括的な輪郭であり、この複合輪郭は現在の輪郭描出の実践を反映したものであった [10]。放射線治療コミュニティからの圧倒的なフィードバックは、腸を個々の部分輪郭として描くことを許容することであった。そこで、元の Duodenum と Bowel の輪郭を維持しながら、Jejunum_Ileum、Bowel_Small、Bowel_Large、Colon_Sigmoid、Canal_Anal を定義した。研究者は、与えられた治療プロトコルの中で、輪郭を描くのに最も適切な構造を選択することが推奨される。

Bag_Bowel の命名法は、Spc_Bowel の命名法と関連する輪郭描出指針[10, 35]との間に矛盾があるため、除外した。

図 6 は、Bowel などの複合体と、頸部、中枢神経系、横隔膜下の胃腸管（Jejunum_Ileum、Colon_Sigmoid）などの個々の部分輪郭との関係を示している。

新しい命名法

GHG OAR ワーキンググループは、この作業のための命名基準として AAPM TG 263 [2]の勧告を採用した。既存の命名法の選択肢は 10 の構造に対する要件を満たしていなかった。GHG OAR ワーキンググループのレビューでは、現在の描出された OAR に合わせるために新しい命名法を制定した（表 3）。

標準化された命名法と査読された記述を持つ 73 の OAR に関する GHG のコンセンサス指針は、付録 A に詳述されており、臨床試験プロトコルにこの指針を導入する例も示されている。

表 3. 新しい命名法と AAPM TG 263 解剖学名グループについて

	AAPM TG 263 Anatomic Group	New Nomenclature	OAR
1	Eye	Eye_A_L Eye_A_R	前眼部
2	Eye	Eye_P_L Eye_P_R	後眼部
3	Head & Neck	Fossa_Pituitary	下垂体窩
4	Head & Neck	Inlet_Cricophar	輪状咽頭入り口
5	Head & Neck	Inlet_Esophagus	食道入口
6	Head & Neck	Musc_Cricophar	輪状咽頭筋
7	Thorax	Bronchus_Prox	近位気管支樹
8	Thorax	Heart+A_Pulm	（頭側の境界が拡張された）心臓
9	Pelvis	FemurHeadNeck_L FemurHeadNeck_R	大腿脛骨
10	Pelvis	LumbSacPlex_L LumbSacPlex_R LumbSacPlexs	腰仙神経叢に側性がある、両側腰仙神経叢

考察

放射線治療の精度と照射の進歩に伴い、正確で一貫性のある OAR 描出の重要性は控えめに見ても明らかである。

放射線治療 QA グループの国際共同ネットワークによるこの GHG OAR ワーキンググループ報告書は、OAR の輪郭描出と線量報告の一貫性を促進することを目的として、臨床試験で使用する OAR の指針と命名法に関するコンセンサス指針を提供する。

GHG OAR ワーキンググループでは 73 の OAR が定義されており、そのうちの 48 個 (65.8%) は ASTRO Clinical Affairs and Quality Council 指針に含まれている[18]。ASTRO が推奨する輪郭のうち 30 個 (93.8%) が 2 つ以上の QA グループによって確認され、17 個 (53.1%) が 4 つの QA グループによって確認された (図 3)。これにより、ASTRO が提供したコンセンサス指針および OAR 輪郭描出の推奨事項が検証された [18]。

調査結果のフィードバックのレビューを受けて、6 つの OAR の記述は大幅に改定された (図 5)。泌尿器科や婦人科の臨床試験でよく描出される直腸はそのような輪郭の一つであった。既存の直腸の輪郭描出指針は、頭側と尾側の境界が異なっており、尾側の境界には骨の代用として坐骨結節が使用されていた[10]。2 次元直交放射線治療計画からの移行に伴い、可変的に位置する骨の代用物に基づいて軟組織輪郭を識別することは不正確であるため、GHG OAR コンセンサス指針では、尾側直腸境界のランドマークとして挙筋、恥骨直筋スリング、直腸周囲脂肪の消失が定義されている。

調査結果のフィードバックを受けて、5 つの OAR が除外された。除外の理由は、その OAR が代替の用語に組み込まれたこと、または調査回答者がその輪郭を OAR ではなく TV と見なしたことであった。

10 の輪郭については、新しい OAR の命名法が作成された (表 3)。明瞭化のため、大腿骨の頭部と頸部の輪郭は FemurHeadNeck_L/R と改名され、輪状咽頭筋の輪郭は包括的な Inlet_Cricophar と改名され、そのサブ輪郭を Musc_Cricophar と Inlet_Esophagus に分けて、筋と食道入口部を区別した (図 6)。眼球は、AAPM TG 263 [2]の指針に沿った命名法で、前部と後部の構成要素に細分化されている。Fossa_Pituitary は、トルコ鞍の内側の骨境界を定義し、臨床では下垂体の代替輪郭として使用される。Bronchus_Prox は、SBRT を胸部に実施する際に確立された輪郭である近位気管支樹を表す。確立された輪郭描出指針が LumbSacPlexs に対しては利用可能であるため、SacralPlex は LumbSacPlexs に置き換えられた。

GHG OAR ワーキンググループは、コンセンサス OAR の指針を開発するための目的を事前に定義した (図 2)。各 OAR には 1 つの名称と 1 つの指針が使用されるべきである。臨床試験によって輪郭描出指針が異なるため、GHG OAR ワーキンググループは心臓の輪郭についてはこの目的を達成することができなかった。例外として、GHG OAR ワーキンググループは、異なる命名法を持つ 2 つの心臓 OAR の指針を提供した：それが Heart+A_Pulm と Heart である。臨床試験プロトコルと治験責任医師は、それぞれの臨床試験内で使用される心臓の輪郭がどれであるかを明確にし、適切な命名法を使用する必要がある。

OAR としての心臓の重要性はますます高まっている。ホジキンリンパ腫の生存者の長期間にわたるシリーズ研究では、大照射野縦隔放射線療法後の心臓毒性のリスクを定量化している [36, 37]。 Surveillance Epidemiology and End Results (SEER) がん登録の Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group (EBCTCG) レビューでは、左側対右側の 2D 計画した接線乳房放射線療法後において心疾患による死亡率の増加が確認された (心疾患死亡比 1.58 95% CI 1.29—1.95 $p = 0.03$) [38]。非小細胞肺癌や食道がんの治療で現代の 3D 計画による根治放射線治療を行う状況では、ビッグデータ解析により、縦隔方向への残余シフト [39] と心臓の基底部への線量 [40] が全生存率に負の影響を与えることが示唆されている。GHG OAR ワーキンググループは、心臓のサブ輪郭 (心室、心房、弁、伝導路) に対する線量制約 [41, 42] が、今後の臨床試験で前向きに評価されると予想している。

RTTQA グループは、英国の臨床試験において、関連する命名法の 54.2% で OAR の左右性欠如を確認し、これらの OAR の大部分は頭頸部の解剖学的部位にあった [10]。AAPM TG 263 は、OAR の左右性を指定する際の一貫性のないアプローチを認識し、主の輪郭名の後に `_L` または `_R` などの接尾語を使用することを推奨している [2]。GHG OAR ワーキンググループは、AAPM TG 263 に賛同し、`contra-`または `ipsi-`の接頭辞よりも対象の OAR には左右性の接尾辞を含めることに全会一致で同意している。左右性は明確であり、形式化されていない仮定を避け放射線腫瘍学部門のすべての多職種メンバーにとって論理的である。`Contra-`または `ipsi-`の接頭辞の使用は、正中または両側の TV では不確実であり、左右性の指定は TV 再照射の場合にユーザーに明確性を提供する。

AAPM TG 263 命名法を実装した自動化ツールを施設のデータセットに遡及的または前向きに適用することで、輪郭名のコンプライアンスを改善させ、輪郭名の一貫性が 99.0% 以上となることが報告されている [43, 44]。今回、命名法選択の基礎となる指針の一貫性は評価されなかった。この GHG OAR コンセンサス指針は、OAR 輪郭描出のための世界的に合意された基準を国際的かつ前向きに実施することを目的としている。

OAR 輪郭の自動輪郭描出、特に深層学習アルゴリズムに基づいたものは、OAR 輪郭描出の信頼性と一貫した品質を達成すれば、放射線治療計画プロセスにおいて効率性を提供できる可能性があるため、魅力的である。深層学習による自動輪郭描出の精度は、患者の解剖学的構造の正常な変化に対する一貫した専門家の輪郭に依存する。この GHG OAR コンセンサス指針では、OAR を解剖学的に定義しているため、堅牢な自動輪郭描出モデルの生成に役立つと考えられる [45, 46]。

標準化された命名法が治療計画システム (TPS) と end-to-end の精度に与える影響が試算されている。AAPM TG 263 は、大多数の TPS との互換性を確保するために、OAR 命名法を 16 文字に制限している [2]。このコンセンサスレポートでは、3 つの TPS 互換の特殊文字が含まれている。それは、`Heart+A_Pulm` の命名法に含まれるプラス、OAR の左右性をプライマリまたはルート名と区別するアンダースコア、臓器の全体が描出されていないことを示すチルダである (図 2)。これらの特殊文字のユーザーによる利用、および

マルチベンダープラットフォーム間の互換性と end-to-end の精度への影響は、継続的な監査によって記録されていくだろう。

本研究には以下のような限界点がある。GHG OAR ワーキンググループは、ASTRO 輪郭描出コンセンサス指針に記載されておらず、1つの放射線治療 QA グループでのみ使用された輪郭を除外した。例えば、Ear_L/R や Liver^Ves のように頻繁に描出されない輪郭はステージ2の調査から除外された。OAR コンセンサスは全体的に定義されたが、包括的な輪郭が最適化や放射線感受性が異なるサブ輪郭の線量報告に使用される場合、このコンセンサス指針は適切ではないかもしれない。例えば、SpinalCord（脊髄）や CaudaEquina（馬尾）の線量制約を利用して SpinalCanal（脊柱管）に最適化する場合などである。このような状況では、GHG OAR ワーキンググループは、GHG コンセンサス輪郭描出指針と命名法を使用するか、シチュエーション別の臨床試験命名法を開発することを推奨する。

GHG OAR ワーキンググループのコンセンサスガイドラインは、臨床試験で実施するための標準化された命名法とともに、査読された輪郭描出指針を提供する。このコンセンサスガイドラインに従うだけでなく、ユーザーは適切な方法を採用し、すべての表示平面で臓器の輪郭を確認する必要がある。画像の co-registration の不正確さや画質に影響するアーチファクトは、輪郭描出の正確さと精度に影響する。ユーザーはこれらの潜在的なエラーの原因を認識し、データセットの最終輪郭を確認する必要がある。実際には、臨床試験プロトコルは OAR の部分的な輪郭描出を指定するか、計画標的体積（PTV）を超える範囲まで OAR の輪郭を定義することがある。チルダ接尾辞は、OAR の完全に描出された輪郭と部分的に描出された輪郭を識別させ、データ分析時に、それは点線量測定報告に適した輪郭であり、体積線量報告には適さない輪郭であることを知らせる。

本報告書内の OAR 構造は解剖学的に定義されたものであり、全臓器の GHG OAR コンセンサス輪郭描出指針が変更される可能性は低い。さらなる作業と線量測定研究により、それぞれの線量制約を持つ放射線感受性の高い OAR サブ輪郭が特定されるであろう。これらの新たに特定されたサブ輪郭に対する輪郭指針は、国際放射線治療学会が関与して作成されるべきである。

利益相反について

著者は利益相反がないことを宣言している。

謝辞

国立健康研究所（NIHR）は RTTQA グループに資金を提供している。National Cancer Research Institute（NCRI）Clinical and Translational Radiotherapy（CTRad）Research Working Group のメンバーの貢献に謝意を表す。EORTC Radiation Oncology Group は、Radiotherapy Quality Assurance および Radiation Therapy

Technologists 委員会からの貢献に感謝する。QUARTET と SMK の活動は、Fondatioun Kriibskrank Kanner, Luxembourg の支援を受けている。IROC と NRG は、米国国立がん研究所からの助成金 2U24CA1803-06 (IROC) と 2U10CA180868-06 (NRG) の支援を受けている。Trans Tasman Radiation Oncology Group は、Cancer Australia の Support For Cancer Clinical Trials Program Grant による資金援助を受けている。PH は NIHR Manchester Biomedical Research Centre の支援を受けている。

付録 A. 補足データ

本論文の補足データは、<https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.05.038> でオンライン公開されている。

参考文献(本文)

- [1] Deasy JO, Bentzen SM, Jackson A, Ten Haken RK, Yorke ED, Constone LS, et al. Improving normal tissue complication probability models: the need to adopt a “data-pooling” culture. *IJROBP* 2010;76:s151–4.
- [2] Mayo CS, Moran JM, Bosch W, Xiao Y, McNutt T, Popple R, et al. American Association of Physicists in Medicine Task Group 263: standardizing nomenclatures in radiation oncology. *IJROBP* 2018;100:1057–66.
- [3] Jackson A, Marks LB, Bentzen SM, Eisbruch A, Yorke ED, Ten Haken RK, et al. The lessons of QUANTEC: recommendations for reporting and gathering data on dose-volume dependencies of treatment outcome. *IJROBP* 2010;76: s155–60.
- [4] Jadon R, Higgins E, Hanna L, Evans M, Coles B, Staffurth J. A systematic review of dose-volume predictors and constraints for late bowel toxicity following pelvic radiotherapy. *Radiat Oncol* 2019;14:57.
- [5] Holyoake DLP, Partridge M, Hawkins MA. Systematic review and meta-analysis of small bowel dose-volume and acute toxicity in conventionally-fractionated rectal cancer radiotherapy. *Radiother Oncol* 2019;138:38–44.
- [6] Draeger E, Sawant A, Johnstone C, Koger B, Becker S, Vujaskovic Z, et al. A dose of reality: how 20 years of incomplete physics and dosimetry reporting in radiobiology studies may have contributed to the reproducibility crisis. *IJROBP* 2020;106:243–52.
- [7] Santanam L, Hurkmans C, Mutic S, van Vliet-Vroegindeweij C, Brame S, Straube W, et al. Standardising naming conventions in radiation oncology. *IJROBP* 2011;83:1344–9.
- [8] Evans SB, Fraass BA, Berner P, Collins KS, Nurushev T, O’Neill MJ, et al. Standardizing dose prescriptions: an ASTRO white paper. *PRO* 2016;6: e369–81.
- [9] The Royal College of Radiologists. Radiotherapy target volume definition and peer review – RCR guidance. London: The Royal College of Radiologists, 2017.
- [10] Yang H, Mir R, Diez P, Tsang Y, Conibear J, Simoes R, et al. Provision of organ at risk contouring guidance in UK radiotherapy clinical trials. *Clin Onc* 2020;32: e60–6.
- [11] Errors in radiation therapy. *Pennsylvania Patient Safety Advisory* 2009; 6: 87-92.

- [12] Santanam L, Brame RS, Lindsey A, Dewees T, Daniele J, Parikh P, et al. Eliminating inconsistencies in simulation and treatment planning orders in radiation therapy. *IJROBP* 2013;85:484–91.
- [13] Cunningham J, Coffey M, Knoos T, Holmberg O. Radiation Oncology Safety Information System (ROSIS) profiles of participants and the first 1074 incident reports. *Radiother Oncol* 2010;97:601–7.
- [14] Web Exclusive: ASTRO commits to six-point patient protection plan. ASTRO news posted February 3, 2010.
- [15] American Society for Radiation Oncology (ASTRO). “2017 RO-ILS Year in Review.”
https://www.astro.org/uploadedFiles/_MAIN_SITE/Patient_Care/Patient_Safety/RO-ILS/2017YIR.pdf.
- [16] Radiotherapy Errors and Near Misses Data Report No 5. (December 2015 to November 2017). May 2019, Public Health England.
- [17] Transition from 2-D Radiotherapy to 3-D Conformal and Intensity Modulated Radiotherapy. May 2008 IAEA.
- [18] Wright JL, Yom SS, Awan MJ, Dawes S, Fischer-Valuck B, Kudner R, et al. Standardizing normal tissue contouring for radiation therapy treatment planning: an ASTRO consensus paper. *PRO* 2019;9:65–72.
- [19] Delaney AR, Dahele M, Slotman BJ, Verbakel WFAR. Is accurate contouring of salivary and swallowing structures necessary to spare them in head and neck VMAT plans?. *Radiother Oncol* 2018;127:190–6.
- [20] Moran JM, Molineu A, Kruse JJ, Urie MM, Oldham M, Drzymala RE, Jeraj R, Galvin JM, Palta JR, Purdy JA, Olch AJ. AAPM Report Task Group 113: improving physics practices for external beam radiation therapy clinical trials. Alexandria, VA: American Association of Physicists in Medicine
- [21] Benedict SH, Yenice KM, Followill D, Galvin JM, Hinson W, Kavanagh B, et al. Stereotactic body radiation therapy: the report of AAPM Task Group 101. *Med Phys* 2010;37:4087–101.
- [22] Hanna GG, Murray L, Patel R, Jain S, Aitken KL, Franks KN, et al. UK consensus on normal tissue dose constraints for stereotactic radiotherapy. *Clin Onc* 2018;30:5–14.
- [23] Tabaksblat MY, Halpern DG, Argulian E, Herzog E. Anatomy and Physiology of the Pericardium. 2014. Management of Pericardial Disease. Springer, Cham https://doi.org/10,1007/978-3-319-06124-5_1
- [24] Astreimidou A, Bel A, Raaijmakers CPJ, Terhaard CHJ, Lagendijk JJW. Adequate margins for random setup uncertainties in head-and-neck IMRT. *IJROBP* 2005;61:938–44.
- [25] ICRU Report 83: Prescribing, recording and reporting photon-beam intensitymodulated radiation therapy. *J Int Commission Radiat Units Measurements* 2010; 10.
- [26] Bahig H, Roberge D, Bosch W, Levin W, Petersen I, Haddock M, et al. Agreement among RTOG sarcoma radiation oncologists in contouring suspicious peritumoral edema for preoperative radiation therapy of soft tissue sarcoma of the extremity. *IJROBP* 2013;86:298–303.
- [27] Nielsen MH, Berg M, Pedersen AN, Andersen K, Glavicic V, Jakobsen EH, et al. Delineation of target volumes and organs at risk in adjuvant radiotherapy of early breast cancer: national guidelines and contouring atlas by the Danish Breast Cancer Cooperative Group. *Acta Oncol* 2013;52:703–10.
- [28] Baldini EH, Abrams RA, Bosch W, Roberge D, Haas RLM, Catton CN, et al. Retroperitoneal sarcoma target volume and organ at risk contour delineation agreement among NRG Sarcoma Radiation Oncologists. *IJROBP* 2015;92:1053–9.

- [29] Offersen BV, Boersma LJ, Kirkove C, Hol S, Aznar MC, Sola AB, et al. ESTRO consensus guideline on target volume delineation for elective radiation therapy of early stage breast cancer version 1.1. *Radiother Oncol* 2016;11:205–8.
- [30] Aznar MC, Girinsky T, Berthelsen AK, Aleman B, Beijert M, Hutchings M, et al. Interobserver delineation uncertainty in involved-node radiation therapy (INRT) for early-stage Hodgkin lymphoma: on behalf of the Radiotherapy Committee of the EORTC lymphoma group. *Acta Oncol* 2017;56:608–13.
- [31] Kovtun KA, Yeo WP, Philips CH, Viswanathan A, Baldini EH. Ovary-sparing radiation planning techniques can achieve ovarian dose reduction for soft tissue sarcoma of the buttock and thigh. *Sarcoma* 2017;2796925.
- [32] Kristensen I, Nilsson K, Agrup M, Belfrage K, Embring A, Haugen H, et al. A dose based approach for evaluation of inter-observer variations in target delineation. *TIPSRO* 2017;3:41–7.
- [33] Standring S. *Gray’s Anatomy: The anatomical basis of clinical practice*. 40th Edition. 2016. Elsevier Ltd.
- [34] Eekers DB, In ‘t Ven L, Roelofs E, Postma A, Alapetite C, Burnet NG, Calugaru V, Compter I, Coremans IEM, Hoyer M, Lambrecht M, Nystrom PW, Mendez Romero A, Paulsen F, Perpar A, de Ruyscher D, Renard L, Timmermann B, Vitek P, Weber DC, van der Weide HL, Whitfield GA, Wiggeraad R, Troost EGC. The EPTN consensus-based atlas for CT- and MR-based contouring in neurooncology. *Radiother Oncol* 2018; 128: 37-43.
- [35] Gay HA, Barthold HJ, O’Meara E, Bosch WR, El Naqa I, Al-lozi R, et al. Pelvic normal tissue contouring guidelines for radiation therapy: a Radiation Therapy Oncology Group Consensus Panel Atlas. *IJROBP* 2012;83:e353–62.
- [36] van Nimwegen FA, Ntentas G, Darby SC, Schaapveld M, Hauptmann M, Lugtenburg PJ, et al. Risk of heart failure in survivors of Hodgkin lymphoma: effects of cardiac exposure to radiation and anthracyclines. *Blood* 2017;129:2257–65.
- [37] Hahn E, Jiang H, Ng A, Bashir S, Ahmed S, Tsang R, et al. Late cardiac toxicity after mediastinal radiation therapy for Hodgkin Lymphoma: contributions of coronary artery and whole heart dose-volume variables to risk prediction. *IJROBP* 2017;98:1116–23.
- [38] Darby SC, McGale P, Taylor CW, Peto R. Long-term mortality from heart disease and lung cancer after radiotherapy for early breast cancer: prospective cohort study of about 300,000 women in US SEER registries. *Lancet Oncol* 2005;6:557–65.
- [39] Johnson-Hart CN, Price GJ, Faivre-Finn C, Aznar MC, van Herk M. Residual setup errors towards the heart after image guidance linked with poorer survival in lung cancer patients: do we need stricter IGRT protocols?. *IJROBP* 2018;102:434–42.
- [40] McWilliam A, Kennedy J, Hodgson C, Vasquez Osorio E, Faivre-Finn C, van Herk M. Radiation dose to heart base linked with poorer survival in lung cancer patients. *EJC* 2017;85:106–13.
- [41] Vivekanandan S, Landau DB, Counsell N, Warren DR, Khwanda A, Rosen SD, et al. The impact of cardiac radiation dosimetry on survival after radiation therapy for non-small cell lung cancer. *IJROBP* 2017;99:51–60.
- [42] Hotca A, Thor M, Deasy JO, Rimner A. Dose to the cardio-pulmonary system and treatment-induced electrocardiogram abnormalities in locally advanced non-small cell lung cancer. *CTRO* 2019;19:96–102.

- [43] Schuler T, Kipritidis J, Eade T, Hruby G, Kneebone A, Perez M, et al. Big data readiness in radiation oncology: an efficient approach for relabeling radiation therapy structures with their TG-263 standard name in real-world data sets. *Adv Rad Onc* 2019;4:191–200.
- [44] Cardan RA, Covington EL, Popple RA. Technical note: an open source solution for improving TG-263 compliance. *J Appl Clin Med Phys* 2019;20:163–5.
- [45] Yang J, Veeraraghavan H, van Elmpt W, Dekker A, Gooding M, Sharp G. CT images with expert manual contours of thoracic cancer for benchmarking auto-segmentation accuracy. *Med Phys* 2020. <https://doi.org/10.1002/mp.14107>. in press.
- [46] Wong J, Fong A, McVicar N, Smith S, Giambattista J, Wells D, et al. Comparing deep learning-based auto-segmentation of organs at risk and clinical target volumes to expert inter-observer variability in radiotherapy planning. *Radiother Oncol* 2020;144:152–8.

付録 A

Global Harmonization グループの標準化された命名規則およびリスク臓器におけるコンセンサスをもった輪郭描出指針の表

付録 A の表に掲載されている輪郭名のリスト

A_LAD	Fossa_Pituitary	Musc_Constrict
BileDuct_Common	Genitals	Musc_Constrict_I
Bladder	GlnD_Lacrimal_L, GlnD_Lacrimal_R	Musc_Constrict_M
Bone_Mandible	GlnD_Submand_L, GlnD_Submand_R, GlnD_Submands	Musc_Constrict_S
Bowel	GlnD_Thyroid	Musc_Cricophar
Bowel_Large	Glottis	OpticChiasm
Bowel_Small	GreatVes	OpticNrv_L, OpticNrv_R
BrachialPlex_L, BrachialPlex_R, BrachialPlexs	Heart	Ovary_L, Ovary_R, Ovaries
Brain	Heart+A_Pulm	Pancreas
Brainstem	Hippocampus_L, Hippocampus_R, Hippocampi	Parotid_L, Parotid_R, Parotids
Breast_L, Breast_R, Breasts	Inlet_Cricophar	PenileBulb
Bronchus_Prox	Inlet_Esophagus	Pituitary
Canal_Anal	Jejunum_Ileum	Rectum
CaudaEquina	Kidney_L, Kidney_R, Kidneys	Retina_L, Retina_R, Retinas
Cavity_Oral	Kidney_Cortex_L, Kidney_Cortex_R, Kidney_Cortex	Skin
Chestwall_L, Chestwall_R, Chestwall	Larynx	Spc_Bowel
Cochlea_L, Cochlea_R, Cochlea	Larynx_SG	SpinalCanal
Colon_Sigmoid	Lens_L, Lens_R	SpinalCord
Duodenum	Lips	Spleen
Esophagus	Liver	Stomach
Esophagus_S	Lobe_Temporal_L, Lobe_Temporal_R	Testis_L, Testis_R
Eye_A_L, Eye_A_R	LumbSacPlex_L, LumbSacPlex_R, LumbSacPlexs	Trachea
Eye_L, Eye_R, Eyes	Lung_L, Lung_R, Lungs	Ureter_L, Ureter_R, Ureters
Eye_P_L, Eye_P,_R		Urethra
FemurHeadNeck_L, FemurHeadNeck_R		Urethra_Prostatc

本和訳版においては、読者の利便性を改善するために、

標準化された命名法

既存の参考文献、(修正)

コンセンサスが得られている輪郭描出の手引き

の順に原著の表を記載しなおした。

既存の参考文献：利用可能な場合、既存のコンセンサスガイダンスの記述とアトラスが、最終的な危険臓器の記述の基礎となる。

(修正)：アンケートのフィードバックのレビュー後に提案された内容によって修正されている。

A_LAD

2011 Feng [1], 2017 Duane [2]、(フィードバックに応じて開発)

左前下行冠動脈は左主冠動脈から分岐し、前室間溝を通過して左心室と右心室の間を通過する。この動脈の尾側の境界は心臓の先端（心尖部）に位置する。冠動脈の直径は、近位から遠位に向かって細くなる。血管造影の研究報告によれば、平均直径は 3.2 mm であるため、この構造の全長にわたって輪郭を作成する場合には直径を 4 mm のツールを用いて描出する。

BileDuct_Common

2014 Jabbour [3]、(軽微な修正)

総胆管は通常、長さが 8-10 cm、直径が 5-6 mm である。輪郭は総肝管と胆嚢管の合流点から始まり、尾側方向に十二指腸の第二部まで延びる。総胆管は十二指腸の背面から内側を通過し、膵管と合流してファーター乳頭を形成する。

Bladder

2012 Gay [4]、(修正なし)

膀胱は、底部から頂部まで全体の輪郭を作成する必要がある。側面の範囲は膀胱壁までとする。

Bone_Mandible

2014 Sun [5], 2015 Brouwer [6]、(軽微な修正)

下顎骨は、顎関節から下顎結合までの全体の輪郭を描出する。骨条件のウィンドウで輪郭描出し、歯は輪郭から除外する。

Bowel

2012 Gay [4], 2016 Standring [7]、(軽微な修正)

腸管は、小腸（十二指腸、空腸、回腸）および大腸（盲腸、上行結腸、横行結腸、下行結腸、S 状結腸）の構造を一つの輪郭で包括する。幽門から直腸—S 状結腸結合部までを、腸内用物を含めて腸外壁の外側の境界に密着させて描出する。直腸—S 状結腸結合部から尾側にある骨盤内の小腸も含める。腸管スペースの輪郭を描出する場合は、*Spc_Bowel* の項を参照すること。

Bowel_Large

2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

大腸は、盲腸、上行結腸、横行結腸、下行結腸、および S 状結腸を一つの輪郭で包括する。回盲部から直腸—S 状結腸結合部までの範囲を描出する。大腸は、腸内容物の外観、結腸膨起と腹膜垂の存在で、小腸の区別することができる。輪郭は外壁の外側の境界に密着し、大腸内容物も含める。

Bowel_Small

2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

小腸は、十二指腸、空腸、回腸を一つの輪郭で包括する。幽門から回盲部までを輪郭描出する。また、直腸と S 状結腸の結節部尾側の骨盤下部にある小腸も含む。小腸は、腸内容物の外観と小腸粘膜ひだによって大腸と区別することができる。輪郭は外壁の境界に密着し、小腸内容物も含む。

BrachialPlex_L, BrachialPlex_R, BrachialPlex

2008 Hall [8], 2011 Kong [9], 2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7]、(軽微な修正)

各腕神経叢は個別に描出する。腕神経叢は、C5、C6、C7、C8、T1 の脊髄神経根の神経孔で起始し、第 2 肋骨の内側境界で終わる。C5、C6、C7、C8、T1 の神経孔に直径 5 mm で設定した描出ツールで描出を開始し、脊柱管の外側面から前斜角筋と中斜角筋の間の小さなスペースまでを描出する。神経孔が存在しないレベルでは、前斜角筋と中斜角筋の間のスペースまたは軟部組織を描出する。中斜角筋およびそれに関連する腕神経叢は、鎖骨頭の 1-2 スライス下の鎖骨下神経動静脈束の領域までの領域となる。腕神経叢の内側の境界は第一肋骨と第二肋骨とする。MRI 画像/造影 CT 画像のフュージョンは、神経と血管を区別するのに役立つ。患者の体位が解剖学的構造および腕神経叢の位置に影響を及ぼす可能性があることに注意する。*BrachialPlex* は左右の腕神経叢を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Brain

2015 Brouwer [6], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

脳は小脳、脳脊髄液、および小脳血管を含む脳全体の輪郭を描出する。両側側頭葉を含むテントから大後頭孔までの輪郭を描出する。脳幹、頸動脈管、海綿静脈洞、S 状静脈洞、横静脈洞、上矢状静脈洞は含めない。脳軟部組織条件のウィンドウで描出する。矢状面を使用し、脳幹の頭側境界の同定をサポートするために MRI 画像のフュージョンを考慮する。

Brainstem

2015 Scoccianti [11], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

脳幹には、中脳、橋、延髄が含まれる。頭側の境界は大脳脚の黒質であり、骨のランドマークとして後床突起の頭側を用いても良い。C2 椎骨の窪みの先端レベルで尾側の境界まで描出する。脳の軟組織条件のウ

インドウで描出する。矢状面を使用し、脳幹の頭側境界の同定をサポートするために MRI 画像のフュージョンを考慮する。

Breast_L, Breast_R, Breasts

2013 Nielsen [12], 2016 Offersen [13]、(軽微な修正)

各乳房は、腺組織構造として個別に描出する。頭側の境界は、視覚的に確認できる乳腺組織の最上部であり、胸鎖関節の下縁を超えないようにする。尾側の境界は、目視できる腺組織の境界とする。乳房の外側は外側胸動脈まで、内側は胸骨の外側まで広げる。腹側では皮膚は除外し、背側では大胸筋の前面と肋骨の外側面を除外する。*Breasts* は左右乳房を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Bronchus_Prox

2011 Kong [9]、(軽微な修正)

近位気管支樹は縦隔条件のウィンドウで描出し、輪状軟骨の外側面を含む。頭側の境界は、気管分岐から 2 cm 頭側に位置する。尾側の境界は、近位気管支樹は両側の近位気道（気管分岐部、左右の主気管支、左右の上葉気管支、中間気管支、右中葉気管支、舌支、左右の下葉気管支）を含む。小葉気管支の輪郭は分岐部で直ちに終わりにする。肺野条件のウィンドウは分枝の同定に役立つ。

Canal_Anal

2016 Standring [7], 2018 Nyholm [14]、(フィードバックに応じて開発)

肛門管は、直腸周囲の脂肪が見えなくなる肛門直腸接合部から始まり、肛門挙筋および恥骨直腸筋係蹄の挿入部と一致する。肛門管は、肛門縁まで尾側に続いている。肛門管の外端を明確にするために、放射線不透過マーカーが使用できる。肛門管の輪郭は外肛門壁の外側の境界に密着して描出し、括約筋と肛門内部の内容物を含む。

CaudaEquina

2012 Yi [15], 2018 Berg [16]、(大幅な修正)

馬尾は、脊柱管内の硬膜囊によって定義される。馬尾の頭側境界は通常 L1-2 椎体のレベルに位置し、脊髓はこのレベルで脊髓円錐へと太くなるため、ランドマークとして使用できる。尾側境界は通常、S1 椎体の尾側端の硬膜囊の終端、または S2 椎体の尾側境界やそれ以上まで存在することも珍しくない。硬膜囊は MRI で最も明瞭に描出できる。

Cavity_Oral

2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7]、(大幅な修正)

口腔の頭側境界は、硬口蓋粘膜と上顎付近の粘膜反射によって定義される。口腔の後側境界は、硬口蓋の後縁であり、舌骨の結節の最初のスライスが見える尾側境界まで描出する。前方および外側には、下顎骨と上顎骨の内側の軟部組織表面が含まれる。

Chestwall_L, Chestwall_R, Chestwall

2011 Kong [9]、(軽微な修正)

各胸壁は個別に描出する。胸壁は、胸腔の外側にある半胸郭の 2 cm の縁である。肋骨、肋間血管、神経、筋肉を含み、椎体、胸骨、皮膚は除く。前内側境界は胸骨の外側縁にあり、後内側境界は椎体の外側面となる。*Chestwall* は左右胸壁を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Cochlea_L, Cochlea_R, Cochlea

2013 Kojima [17], 2015 Brouwer [6], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

各蝸牛は個別に描出する。蝸牛は、側頭骨錐体部に小さな湾曲または円形の小孔として現れる。蝸牛は三半規管の尾側、内耳道の外側、前庭器官の前側、中耳の内側に位置する。大きさは最大で 0.6 cc である。CT 画像の骨条件のウィンドウで描出する。三半規管は除外する。*Cochlea* は左右蝸牛を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Colon_Sigmoid

2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

S 状結腸は S 字型の構造をしており、腸間膜上で動く。頭側境界は、下行結腸と接する位置であり、左腸骨稜の高さで結腸が内側にカーブしている部分で確認できる。尾側境界は、直腸と S 状結腸の接合部で、ほぼ S3 椎体の高さであり、これは矢状面で最も確認できる。輪郭は外壁の外側の境界に密着し、S 状結腸の内容物を含む。

Duodenum

2014 Jabbour [3]、(修正なし)

十二指腸は、幽門から十二指腸空腸接合部 (Treitz 靭帯) までを描出する。十二指腸の大部分は後腹膜に固定され、膵頭部周囲を C 字形にたどる。輪郭は次の 4 つの解剖学的セクションに分けられる：長さ 5 cm で L1 椎体の前外側から 7~10cm 下行し、長さ 6~8cm で L1~3 椎体に隣接し、内側に向きを変え、L3 椎体を横切る。大動脈と下大静脈は後方に位置し、上腸間膜動脈と静脈は前方にあり、長さ 5 cm で L3 椎体から L2 椎体の頭側境界まで上行している。輪郭は外壁の外側の境界に密着し、十二指腸内の内容物を含む。十二指腸と膵頭部は近接しているので区別に注意する。

Esophagus

2010 Wasik [18], 2011 Kong [9]、(修正なし)

食道は縦郭条件のウィンドウで、脂肪外膜までのすべての筋層を含むように描出する。輪状軟骨下縁から胃食道接合部まで描出する。

Esophagus_S

2009 Li [19], 2010 Wasik [18], 2011 Kong [9], 2015 Brouwer [6]、(フィードバックに応じて開発)

頸部食道は、縦郭条件のウィンドウで、脂肪外膜までのすべての筋層を含むように描出する。頭側境界は、輪状軟骨下縁から 10 mm 尾側である。頸部食道は、頭側境界で食道入口部に接している。尾側境界は C7 椎体の下縁にあたる。

Eye_A_L, Eye_A_R

2015 Brouwer [6]、(フィードバックに応じて開発)

各前眼部は個別に描出する。角膜、虹彩、毛様体、水晶体から構成される。外眼筋は除く。

Eye_L, Eye_R, Eyes

2015 Brouwer [6]、(軽微な修正)

各眼球は個別に描出する。前眼部と後眼部を含む眼球全体を描出する。前眼部は角膜、虹彩、毛様体、水晶体が含まれる。後眼部には、前部硝子体膜、硝子体、網膜、脈絡膜が含まれる。視神経と外眼筋は除く。*Eyes* は左右眼を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Eye_P_L, Eye_P_R

2015 Brouwer [6]、(フィードバックに応じて開発)

各後眼部は個別に描出する。後眼部は前部硝子体膜、硝子体、網膜、脈絡膜が含まれる。視神経と外眼筋は除く。

FemurHeadNeck_L, FemurHeadNeck_R

2012 Gay [4]、(軽微な修正)

各大腿骨頭と大腿骨頸部は個別に描出する。輪郭には、大腿骨頭、大腿骨頸部、大転子、近位大腿骨骨幹部から小転子の尾側限界までを含む。骨条件のウィンドウで描出する。

Fossa_Pituitary

2015 Brouwer [6], 2018 Eekers [10]、(フィードバックに応じて開発)

下垂体の代替え構造して、トルコ鞍の内側の骨境界までを描出する。矢状面を用いて、骨条件のウィンドウで描出する。

Genitals

PLATO Trial Development Group, United Kingdom [20], 2015 Brooks [21]、(軽微な修正)

女性器は、クリトリス、大陰唇、小陰唇、恥丘、およびその周囲の脂肪で構成される。男性の生殖器構造は、陰茎全体、陰囊、会陰部、およびその周囲の脂肪が含まれる。どちらの輪郭も鼠径部のしわ（鼠径溝）まで側方に広がっている。頭側境界のランドマークとして有用なのは、恥骨結合の中間である。描出をサポートするために、MRI フェュージョンを検討する。

GlnD_Lacrimal_L, GlnD_Lacrimal_R

2006 Hughes [22], 2015 Freedman [23], 2015 Scoccianti [11], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

各涙腺は個別に描出する。涙腺は、前頭骨の頬骨突起の内側、眼窩の椎体外部分の頭外側にある。涙腺は周囲の脂肪に比べて高密度である。尾側境界は外側直筋のレベルにあり、上直筋は側方にある。涙腺はアーモンド形で、眼球に対して凹んでおり、大きさは約 20 x 15 x 5 mm である。軟組織条件のウィンドウで描出する。

GlnD_Submand_L, GlnD_Submand_R, GlnD_Submands

2009 van de Water [24]、(軽微な修正)

各顎下腺は個別に描出する。顎下腺は顎下腔内にあり、CT 画像では周囲の構造に比べて低密度に見える。顎下腺は大きな浅葉と小さな深葉からなり、顎舌骨筋の後縁と互いに連続している。頭側境界は C3 椎体レベルで、内側翼突筋の尾側端に位置する。脂肪組織が現れるまで尾側に描出を続ける。外側境界は広頸筋と下顎表面で、内側境界は顎舌骨筋の側面と二腹筋の前腹である。GlnD_Submands は左右顎下腺を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

GlnD_Thyroid

2014 Sun suppl [5], 2015 Brouwer [6]、(軽微な修正)

甲状腺は CT 上では周囲の構造と比較して高密度に見える。頭側境界は梨状窩の尾側端であり、尾側境界は通常 C5-7 椎体のレベルになる。前方は胸鎖乳突筋に隣接し、頸部血管、輪状軟骨、食道は後方内側に位置する。甲状腺は軟部組織であるため、甲状軟骨および輪状軟骨は除外する。

Glottis

2011 Christianen [25], 2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

声門は真声帯を指す。輪郭は披裂軟骨の頭側縁から甲状軟骨前部の尾側縁までを描出する。声門の後方境界は輪状軟骨と披裂軟骨の前縁になる。甲状軟骨は前外側にあり、咽頭腔はその内側にある。空気を含まないようにする。

GreatVes

2011 Kong suppl [9], 2016 Standring [7]、(軽微な修正)

大血管は縦隔条件のウィンドウで、血管壁と筋層を脂肪外膜まで含むように輪郭描出する。この構造は、Heart+A_Pulm の輪郭に接している。静脈内造影は、大血管を隣接する構造と区別するのに有用である。上大静脈と大動脈の輪郭を描出する。輪郭描出する大血管には大動脈弓の分枝である腕頭動脈、左総頸動脈、左鎖骨下動脈を含めてもよい。下大静脈も大血管に含まれる。頭側境界は、下大静脈が心臓の右心房から明確に分離されているところである。このガイドラインを超えて大血管構造の輪郭を描く頭側、尾側、側方の範囲は、臨床試験プロトコールによって定義される。

Heart

2011 Feng [1]、(軽微な修正)

心臓は縦郭条件のウィンドウで心嚢を含むように描出する。頭側境界は肺動脈と右肺動脈が別々の構造として見える箇所である。尾側の範囲は、左心室が横隔膜と結合する心尖部である。下大静脈を含む主要血管は除外する。肺動脈は主気管支より下部は除外する。肺動脈の頭側境界で心臓の輪郭を描出する場合は、*Heart+A_Pulm* の項を参照すること。

Heart+A_Pulm

2016 Haslett [26], 2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

心臓は縦郭条件のウィンドウで心嚢を含むように描出する。頭側の境界は肺動脈の頭頂部である。尾側の範囲は、左心室が横隔膜と結合する心尖部である。下大静脈を含む主要血管は除外する。肺動脈は主気管支より下部は除外する。肺動脈の分岐部を頭側境界とした心臓の輪郭を描出する場合は、*Heart* の項を参照すること。

Hippocampus_L, Hippocampus_R, Hippocampi

2009 Chera [27], 2010 Gondi [28], 2015 Scocciati [11], 2016 Standring [7], 2017 di Biase [29], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

各海馬は個別に描出する。海馬は、側頭葉内側に位置する小さなタツノオトシゴの形をした複雑な灰白質構造である。矢状面の T1 強調 MRI 画像による描出が不可欠である。海馬の大きさ (2.8-4.0 cc) と位置は様々である。脳脊髄液の低信号/側脳室側頭角の内側に位置する最も尾側の低信号の灰白質から描出する。側脳室側頭角の先端より前方に位置する扁桃体と脳梁を避けて、頭蓋後方へ輪郭を描き続ける。海馬は、T1 強調画像の低信号構造が大脳皮質と下垂体のレベルで側脳室との境界でなくなった時点で終了する。この時点で、前方に脳弓脚が出現し、後方に脳梁膨大部が可視化される。内側境界は迂回槽と四丘体槽である。*Hippocampi* は左右海馬を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Inlet_Cricophar

2009 Li [19], 2011 Christianen [25], 2015 Brouwer [6]、(フィードバックに応じて開発)

輪状咽頭入口部には輪状咽頭筋と食道入口部が含まれる。輪状咽頭入口部は披裂軟骨の尾側第一スライスに始まり、輪状軟骨下縁の尾側 10 mm まで伸びている。輪状咽頭筋は、前方では輪状軟骨の後縁によって、後方では前胸筋によって制限されている。側方境界は甲状軟骨、脂肪組織、甲状腺である。すべての筋層を含める。

Inlet_Esophagus

2009 Li [19], 2015 Brouwer [6]、(フィードバックに応じて開発)

食道入口部は頭尾方向に 10 mm で、輪状軟骨の尾側端に起始する。尾側端は頸部食道に接している。縦隔条件のウィンドウで、すべての筋層を含める。

Jejunum_Ileum

2014 Jabbour [3], 2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

空腸と回腸の解剖学的区別は CT や MRI では容易ではないため、この輪郭は空腸と回腸を合わせたものである。L2 椎体の頭側境界に位置する十二指腸空腸接合部/Treitz 靭帯から回盲部まで描出する。空腸と回

腸は、腸内容物の外観と小腸粘膜ヒダの存在によって大腸と区別できる。輪郭は外壁の外側の境界線に密着し、腸内容物を含む。

Kidney_L, Kidney_R, Kidneys

2014 Jabbour [3], 2016 Standring [7]、(軽微な修正)

各腎は、上極から下極まで個別に描出する。腎臓は周囲の脂肪組織と容易に区別でき、T12 から L3 椎体の高さに位置する。輪郭から嚢胞、腎傍脂肪体、副腎は除く。腎皮質は別の構造として描出されることもある。*Kidneys* は左右腎を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Kidney_Cortex_L, Kidney_Cortex_R, Kidney_Cortex

2016 Standring [7]、(軽微な修正)

各腎皮質は、上極から下極まで個別に描出する。腎皮質とは腎実質のことであり、腎臓を包む線維性被膜、腎皮質、腎髓質を含む。この構造には嚢胞、腎盂、傍腎脂肪、および副腎は含まれない。*Kidney_Cortex* は左右腎皮質を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Larynx

2007 Sanguineti [30], 2011 Christianen [25], 2014 Sun [5], 2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7]、(軽微な修正)

喉頭は、声門上部および声門（喉頭蓋、声門上部内転筋、披裂喉頭蓋ひだ、披裂軟骨、真声帯、偽声帯）から構成される。輪郭は喉頭蓋先端から甲状軟骨前部の尾側縁までとなる。前方には舌骨、喉頭蓋前間隙、甲状軟骨がある。下咽頭収縮筋、咽頭腔、輪状軟骨が後縁を規定する。甲状軟骨は前外側にあり、咽頭腔はその内側にある。

Larynx_SG

2011 Christianen [25], 2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

声門上喉頭は軟部組織で、喉頭蓋、声門上部内転筋、披裂喉頭蓋ひだ、披裂軟骨、偽声帯を含む。頭側縁は喉頭蓋の先端であり、尾側へ伸びて披裂軟骨の頭側縁に達する。前方には舌骨、喉頭蓋前間隙、甲状軟骨がある。下咽頭収縮筋と咽頭腔が後縁を規定する。甲状軟骨は前外側にあり、咽頭腔はその内側にある。

Lens_L, Lens_R

2015 Scoccianti [11], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

各水晶体は個別に描出する。水晶体は、硝子体液と虹彩の間に位置する、はっきりと見える両凸の無血管構造である。直径は最大 10 mm である。

Lips

2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7]、(軽微な修正)

唇の輪郭は鼻柱の尾側から下顎骨体部の頭側境界まで伸びている。外側境界は外側交連である。輪郭には唇の内面を含む。不透過マーカーは外側の境界を識別するのに役立つ。

Liver

2010 Pan [31], 2014 Jabbour [3]、(軽微な修正)

肝臓の輪郭は、横隔膜の頭側から右葉の尾側先端まで、軟部組織条件のウィンドウを使用して全体的に描出する。下大静脈が肝臓から明らかに離れている場合は、輪郭から除外する。また、胆嚢も除外する。静脈内造影は、肝臓の左縁と隣接する構造物を区別するのに有用である。

Lobe_Temporal_L, Lobe_Temporal_R

2014 Sun suppl [5], 2016 Standing [7]、(軽微な修正)

各側頭葉は個別に描出する。側頭葉には海馬、海馬傍回、脳梁が含まれる。シルビウス裂の頭側縁から描出を始め、尾側の中頭蓋窩の底まで続ける。蝶形骨大翼と側頭骨が前縁を定める。側頭葉は後方で側頭骨の石状部と小脳テントリウムに接している。内側境界は海綿静脈洞、蝶形骨洞、シルビウス裂である。側頭葉の外側面は側頭裂の尾側にあり、側頭骨の扁平部分に隣接している。脳軟部組織条件のウィンドウを用いた CT 上の輪郭描出、MRI フェージョンが描出に役立つ。

LumbSacPlex_L, LumbSacPlex_R, LumbSacPlexs

2012 Yi [15]、(大幅な修正)

LumbSacPlexs は、両側の神経根を含む腰仙骨神経叢全体である。分離する場合は、LumbSacPlex_L/R を使用して構造の左右を示す。腰仙骨神経叢は L4 神経根から大腿骨頸部の最も頭側の部分まで描出する。

L4 神経根の輪郭は、前方および側方に大腰筋、後方に椎間関節／後椎体要素によって規定される空間を含むようにする。L5 神経根は、前方に総腸骨静脈と大腰筋、側方に腸骨筋、後方に椎体と仙骨を用いて描出する。L5 孔の高さより下部は、仙腸関節を外側境界とする。S1 孔のレベルから、腰仙骨神経叢と S1 は、前方では腸骨血管、側方では腸骨筋／腸骨翼、後方では梨状筋に囲まれた領域にある。

大坐骨孔の尾側縁で、前方に内閉鎖筋／坐骨棘、側方に梨状筋、後方に大殿筋に囲まれたスペースを輪郭とする。内側の範囲は内閉鎖筋の内側をとする。梨状筋の下で、前方には内転筋、後方には大殿筋の間のスペースに描出する。内側と外側の範囲は 1~2 cm とする。

Lung_L, Lung_R, Lungs

2011 Kong [9]、(軽微な修正)

各肺は肺野条件のウィンドウで個別に描出する。肺尖から横隔膜まで、肺全体を描出する。直径 10 mm 以下の小血管と肺門部以遠の血管を含む。近位気管支樹と気管は除く。Lungs は左右肺を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Musc_Constrict

2011 Christianen [25]、(フィードバックに応じて開発)

筋収縮構造は、上・中・下咽頭収縮筋を一つの輪郭に包含する。翼状突起の尾側端から披裂軟骨の尾側端までを描出する。椎前筋が後縁を規定する。外側境界は、頭側では内側翼突筋、尾側では舌骨と甲状軟骨である。頭側の前縁は翼突鉤である。舌骨と甲状軟骨の後縁が、中咽頭収縮筋と下咽頭収縮筋の前縁となる。

Musc_Constrict_I

2011 Christianen [25]、(軽微な修正)

下咽頭収縮筋は3つの収縮筋の中で最も太い。下咽頭収縮筋は舌骨の下縁に起始し、尾側に伸びて披裂軟骨の下縁に達する。前方で下咽頭収縮筋は甲状軟骨の後縁に付着し、後縁は椎前筋によって規定される。甲状軟骨の上角が外側境界を示す。

Musc_Constrict_M

2011 Christianen [25]、(軽微な修正)

中咽頭収縮筋は舌骨の小角と大角に起始する。頭側境界はC3椎体の上縁で、上咽頭収縮筋と連続している。すべての線維の挿入部は咽頭正中縫線で結合し、尾側境界は舌骨の下縁と定義される。前方では舌根と舌骨に接している。後方境界は椎前間隙である。咽頭腔は除外する。

Musc_Constrict_S

2011 Christianen [25]、(軽微な修正)

上咽頭収縮筋は、翼状突起の下部から始まり、尾側にC2椎体の下縁まで続きます。後方境界は椎前筋および筋膜によって規定され、後咽頭腔で分離されます。前方には、上咽頭収縮筋が翼突鉤、翼突下顎縫線、下顎骨後端および舌底に付着している。咽頭腔は除外する。

Musc_Cricophar

2011 Christianen [25]、(フィードバックに応じて開発)

輪状咽頭筋は、披裂軟骨の尾側第一スライスで起始し、尾側に輪状軟骨の下縁まで伸びる。前方では輪状軟骨の後縁に、後方では椎前筋に囲まれている。側縁は甲状軟骨、脂肪組織、甲状腺である。

OpticChiasm

2015 Brouwer [6], 2015 Scocciati [11], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

視交叉は、鞍上槽のくも膜下腔に位置し、下垂体から10mm頭側で下垂体茎部の前方にある。視交叉の側方には内頸動脈と前交通動脈がある。前方は視神経に接し、後方では視交叉の分岐部を含む。視交叉は、横方向に14mm、前後方向に8mm、上下方向に2-5mmの大きさがあり、T1強調MRIのフュージョンが推奨される。視交叉は視神経と連続した構造であることを注意する。

OpticNrv_L, OpticNrv_R

2015 Brouwer [6], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

各視神経は個別に描出する。視神経は、直径2-5mmの構造で、眼球後面から発生し、骨の視神経管を通過し、視交叉で終了する。骨腔から先の神経をよりよく同定するために、T1強調MRIのフュージョンを検討する。視神経は、眼球と視交叉と連続した構造であることを注意する。

Ovary_L, Ovary_R, Ovaries

1992 Olson [32], 2006 Hauth [33], 2012 Peters [34], 2016 Standring [7]、(フィードバックに応じて開発)

各卵巣は個別に描出する。生殖能が成熟した閉経前の女性では、卵巣は4x3x2 cmの卵形の構造である。卵巣は、骨盤外壁に隣接する卵巣窩に位置している。右卵巣の頭側には回盲部、盲腸、虫垂がある。左卵巣の頭側はS状結腸が通過する。後方境界はフリーで、腹膜に面し、内腸骨動脈と静脈、尿管の上部を覆っている。描出をサポートするために、T2 強調 MRI 画像のフュージョン、矢状面および横断面の両方使用することが推奨される。*Ovaries* は左右卵巣を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Pancreas

2014 Jabbour [3]、(修正なし)

膵臓はL1-L3椎体の高さであり、その特異な腺の外観によって識別される。膵臓は、全体に渡って描出する必要がある。膵頭部は上腸間膜動脈の右側に位置している。膵頭部の一部である鉤状突起は、上腸間膜静脈の後方に位置している。膵体部は腹腔動脈と上腸間膜動脈の間に位置し、大動脈の前方にある。膵頭部と十二指腸は近接しているため、区別する際に注意する。

Parotid_L, Parotid_R, Parotids

2009 van de Water [24], 2013 Hoebbers [35]、(軽微な修正)

各耳下腺は個別に描出する。耳下腺は、下顎枝と乳様突起の間に挟まれた不規則な形状の腺である。頭側境界は頬骨弓であり、尾側境界は下顎角である。前縁は咬筋までであるが、20%のケースで耳下腺は咬筋の表面まで前方に伸びている。後縁は胸鎖乳突筋の前面である。耳下腺は、外側は広頸筋により、内側は顎二腹筋後腹、茎状突起、傍咽頭間隙によって限局される。耳下腺の輪郭には下顎後静脈を含める。耳下腺の体積と位置は様々であることに注意する。浅葉と深葉を必ず含める。*Parotids* は左右耳下腺を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

PenileBulb

2012 Gay [4]、(軽微な修正)

尿道球は、陰茎の球状海綿体のうち、尿生殖隔膜のすぐ尾側にある部分である。尿道球はT2 強調 MRI 画像で更新号となる。CT 画像では、尿道の後方にあり、円形をしている。通常、頭尾方向に9-10 mmの大きさである。この輪郭は陰茎体には連続しないようにする。

Pituitary

2015 Brouwer [6], 2015 Scocciati [11], 2018 Eekers [10]、(軽微な修正)

下垂体は、脳の軟部組織条件のウィンドウで矢状面を用いてよく描出できる。下垂体は楕円形でトルコ鞍内にあり、頭尾方向の長さは最大12 mmである。下垂体の側方は、海綿静脈洞に接している。下垂体は視交叉の交線維の後方にある下垂体茎によって視床下部に連結している。CT 画像の軟部組織条件のウィンドウで下垂体が描出できない場合は、MRI とのフュージョンを検討する。下垂体の代替輪郭として、トルコ鞍の内側の骨境界を描出することも考慮できる。

Rectum

2012 Gay [4], 2016 Standring [7], 2018 Nyholm [14]、(大幅な修正)

直腸は、直腸外壁の外部境界に沿って、直腸内容物を含めて描出する。S3 椎体のレベルにおおよそある直腸シグモイド屈曲部から輪郭描出を開始する。直腸 S 状結腸湾曲部は、矢状面で最もよく描出できる。尾側境界は、直腸周囲の脂肪が見えなくなる肛門直腸接合部であり、挙筋と恥骨直腸筋係蹄の挿入部と一致する。これらの構造は冠状面でよく確認できる。

Retina_L, Retina_R, Retinas

2015 Scoccianti [11]、(フィードバックに応じて開発)

各網膜は個別に描出する。網膜は薄い感覚神経の膜組織であり、眼球後壁を覆っている。輪郭は、外側直筋の挿入部から対側の内側直筋まで伸び、眼球の後壁を包含するように描出する。*Retinas* は左右網膜を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Skin

2016 Standring [7], 2018 Eekers [10]、(修正なし)

皮膚は体輪郭の内側 5 mm の部分である。実際の皮膚の厚さは、部位によって異なるため、注意する。

Spc_Bowel

2008 Sanguineti [36], 2012 Gay [4]、(フィードバックに応じて開発)

腸のスペースは、幽門のレベルから直腸-S 状結腸接合部までの腸管が占める可能性のあるスペースである。輪郭は、腹部骨盤側壁までを描出し、小腸がこの領域にある可能性があるため、直腸—S 状結腸接合部より尾側の骨盤も含む必要がある。胃、膵臓、脾臓、肝臓、腎臓、尿管、膀胱、生殖器、筋肉、主要血管は除外する。腸管の輪郭の描出する場合は、*Bowel* の項を参照すること。

SpinalCanal

2011 Kong [9], 2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7]、(大幅な修正)

脊柱管は、骨条件のウィンドウで脊柱管の内側境界に沿って描出する。頭側境界は、C2 椎骨の歯突起尖レベルとなる。尾側境界は、脊柱管が目視できる最も尾側のスライスであり、通常は L5-S1 椎体のレベルにある。

SpinalCord

2015 Brouwer [6], 2016 Standring [7], 2018 Berg [16]、(軽微な修正)

脊髄は、脊椎管ではなく真の脊髄を描出する。頭側境界は、C2 椎骨の歯突起尖レベルとし、脳幹が接する部分となる。尾側境界は、脊髄が L1-2 椎体のレベルで、脊髄円錐となる。つまり馬尾の頭側境界である。

Spleen

2016 Standring [7], 2018 Chaudhry [37]、(軽微な修正)

脾臓は大きさや形状が様々であるが、通常は 12 x 7 x 3 cm ほどで、左上腹部に位置している。脾臓の前方は胃があり、後方は左第 9-11 肋骨と横隔膜に囲まれている。左腎臓は脾臓の内側に位置し、尾側境界は左結腸曲である。腹膜は脾臓を包含しており、輪郭から除外する必要がある。脾臓の形状は周囲臓器の影響を

受ける可能性があるため、脾臓に隣接する構造物と明確に区別するために CT 画像のウィンドウとレベルの調整が必要な場合がある。

Stomach

2014 Jabbour [3]、(軽微な修正)

胃は、胃食道接合部から幽門までを描出する。胃の外壁までを描出し、胃内容物も含める。

Testis_L, Testis_R

2016 Standring [7]、(修正なし)

各精巣は個別に描出する。精巣は卵形の臓器で白膜と精巣鞘膜で覆われている。各精巣は精巣鞘膜および精巣上体とともに描出する。精索は輪郭から除外する。

Trachea

2011 Kong [9], 2014 Sun [5]、(軽微な修正)

気管は縦隔条件のウィンドウで描出する。輪状軟骨の尾側端から気管分岐部より 2 cm 頭側までを描出する。内腔や気管筋を含む軟骨の外側境界の輪郭を描出する。後方にある食道は除外する。

Ureter_L, Ureter_R, Ureters

2016 Standring [7]、(軽微な修正)

各尿管は個別に描出する。頭側境界は腎臓の内側にある。尿管の腹部は後腹膜にあり、大腰筋の前方にある。尿管は総腸骨動脈の分岐部で骨盤の分界線を越えて尾側に走行する。坐骨棘のレベルで、尿管は前方および内側に向きを変えて膀胱の後側壁に入り、尿管口で膀胱に交通する。輪郭はすべての線維筋層を含むように輪郭を描出する必要がある。*Ureters* は左右尿管を合計した領域であり、線量評価の目的で使用される。

Urethra

2016 Kataria [38], 2016 Standring [7], 2019 Zakian [39]、(大幅な修正)

尿道は、膀胱頸部の内尿道口から始まり、尾側の外尿道口まで連続する。女性の尿道の長さは 4 cm である。男性では 17.5-20 cm の長さである。尿道は CT 画像では見えないため、T2 強調 MRI 画像の中程度の信号領域を描出する。すべての筋層を含めるように描出する。矢状面は輪郭の同定のサポートとなる。尿道カテーテルを留置すると尿道の位置や形状が歪むことがあるため注意する。

Urethra_Prostate

尿道前立腺部は 3-4 cm の長さで、前立腺を貫通している。頭尾側の境界は前立腺の端で定義される。CT 画像では見えないため、T2 強調 MRI 画像の中程度の信号領域を描出する。すべての筋層を含めるように描出する。矢状面は輪郭の同定のサポートとなる。尿道カテーテルを留置すると尿道前立腺部の位置や形状が歪むことがあるため注意する。

Global Harmonization グループのリスク臓器におけるコンセンサスをもった輪郭描出ガイドランスの実装の例

XXX 試験では、患者は仰臥位で、膝当てで固定され、腕は照射野外、つまり胸の前に置かれる。

放射線治療用の計画 CT 撮影は、膀胱が空の状態で行われる。直腸には便やガスがなく、前後方向の長さが X cm 未満である必要がある。直腸が X cm より大きい場合は、患者に排泄をうながし、撮影を再度試行する。

XXX 試験では、静脈内または経口造影剤の使用は必須ではない。放射線治療用の計画 CT 撮影の範囲は、L4-5 棘突起間から小転子の X cm 尾側までである。

以下の記述は、Global Harmonization Group の organ at risk consensus contouring guideline [REF] から採用されたものである。

以下の標準化された記述のうち、する臨床研究固有の修正に注意されたい放射線治療用の計画 CT 撮影の範囲により、構造全体が輪郭描出されない場合は、以下の標準化された記述に対する試験特有の修正に注意すること。部分的に描出された輪郭は、接尾辞としてチルダ (~) をつける。

標準名とコンセンサスが得られた手引き

Bladder

膀胱は、底部から頂部まで全体を輪郭する。側面の範囲は膀胱壁までとする。

Bowel

腸管は、小腸（十二指腸、空腸、回腸）および大腸（盲腸、上行結腸、横行結腸、下行結腸、S 状結腸）の構造を一つの輪郭で包括する。幽門から直腸—S 状結腸結合部までを、腸内用物を含めて腸外壁の外側の境界に密着させて描出する。直腸—S 状結腸結合部から尾側にある骨盤内の小腸も含める。腸管の輪郭は、PTV に対して頭側 X cm、尾側 X cm の輪郭を描出する。

FemurHeadNeck_L, FemurHeadNeck_R

各大腿骨頭と大腿骨頸部は個別に描出する。輪郭には、大腿骨頭、大腿骨頸部、大転子、近位大腿骨骨幹部から小転子の尾側限界までを含む。骨条件のウィンドウで描出する。

参考文献(付録 A)

- [1] Feng M, Moran JM, Koelling T, Chughtai A, chan JL, Freedman L, Hayman JA, Jagsi R, Jolly S, Larouere J, Soriano J, Marsh R, Pierce LJ. Development and validation of a heart atlas to study cardiac exposure to radiation following treatment for breast cancer. *IJROBP* 2011; 79: 10-18
- [2] Duane F, Aznar MC, Bartlett F, Cutter DJ, Darby SC, Jagsi R, Lorenzen EL, McArdle O, McGale P, Myerson S, Rahimi K, Vivekanandan S, Warren S, Taylor CW. A cardiac contouring atlas for radiotherapy. *Radiother Oncol* 2017; 122:416-22
- [3] Jabbour SK, Hashem SA, Bosch W, Kim TK, Finkelstein SE, Anderson BM, Ben-Josef E, Crane CH, Goodman KA, Haddock MG, Herman JM, Hong TS, Kachnic LA, Mamon HJ, Pantarotto JR, Dawson LA. Upper abdominal normal organ contouring guidelines and atlas: A Radiation Therapy Oncology Group consensus. *PRO* 2014;4: 82-9
- [4] Gay HA, Barthold HJ, O'Meara E, Bosch WR, El Naqa I, Al-Lozi R, Rosenthal SA, Lawton C, Lee WR, Sandler H, Zietman A, Myerson R, Dawson LA, Willett C, Kachnic LA, Jhingran A, Portelance L, Ryu J, Small W, Gaffney D, Viswanathan AN, Michalski JM. Pelvic normal tissue contouring guidelines for radiation therapy: a Radiation Therapy Oncology Group Consensus Panel Atlas. *IJROBP* 2012; 83: e353-62
- [5] Sun Y, Yi X-L, Luo W, Lee AWM, Wee JTS, Lee N, Zhou G-Q, Tang L-L, Tao C-J, Guo R, Mao Y-P, Zhang R, Guo Y, Ma J. Recommendation for a contouring method and atlas of organs at risk in nasopharyngeal carcinoma patients receiving intensity-modulated radiotherapy. *Radiother Oncol* 2014; 110: 390-7
- [6] Brouwer CL, Steenbakkens RJHM, Bourhis J, Budach W, Grau C, Gregoire V, van Herk M, Lee A, Maingon P, Nutting C, O'Sullivan B, Porceddu SV, Rosenthal DI, Sijtsema NM, Langendijk JA. CT-based delineation of organs at risk in the head and neck region: DAHANCA, EORTC, GORTEC, HKNPCSG, NCIC CTG, NCRI, NRG Oncology, and TROG consensus guidelines. *Radiother Oncol* 2015; 117: 83-90
- [7] Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. Editor in chief: Susan Standring. 41st Edition. Elsevier. eBook ISBN 9780702071645
- [8] Hall WH, Guiou M, Lee NY, Dublin A, Narayan S, Vijayakumar S, Purdy JA, Chen AM. Development and validation of a standardized method for contouring the brachial plexus: Preliminary dosimetric analysis among patients treated with IMRT for head and neck cancer. *IJROBP* 2008; 72: 1362-67
- [9] Kong F-M, Ritter T, Quint DJ, Senan S, Gaspar LE, Komaki RU, Hurkmans CW, Timmerman R, Bezjak A, Bradley JD, Movsas B, Marsh L, Okunieff P, Choy H, Curran WJ. Consideration of dose limits for organs at risk of thoracic radiotherapy: Atlas for lung, proximal bronchial tree, esophagus, spinal cord, ribs, and brachial plexus. *IJROBP* 2011; 81: 1442-57
- [10] Eekers DBP, in t' Ven L, Roelofs E, Postma A, Alapetite C, Burnet NG, Calugaru V, Compter I, Coremans IEM, Hoyer M, Lambrecht M, Nystrom PW, Romero AM, Paulsen F, Perpar A, de Ruyscher D, Renard L, Timmerman B, Vitek P, Wber DC, van der Weide HL, Whitfield GA, Wiggeraad R, Troost EGC, on behalf of the taskforce "European Particle Therapy Network" of ESTRO. *Radiother Oncol* 2018; 128: 37-43
- [11] Scoccianti S, Detti B, Gadda D, Greto D, Furfaro I, Meacci F, Simontacchi G, Di Brina L, Bonomo P, Giacomelli I, Meattini I, Mangoni M, Cappelli S, Cassani S, Talamonti C, Bordi L, Livi L. Organs at risk in the brain and their dose- constraints in adults and in children: A radiation oncologist's guide for delineation in everyday practice. *Radiother Oncol* 2015; 114: 230-8
- [12] Nielsen MH, Berg M, Pedersen AN, Andersen K, Glavicic V, Jakobsen EH, Jensen I, Josipovic M, Lorenzen EL, Nielsen HM, Stenbygaard L, Thomsen MS, Vallentin S, Zimmermann S, Offersen BV on behalf of the Danish Breast Cancer Cooperative Group Radiotherapy Committee. *Acta Oncologica* 2013; 52: 703-10
- [13] Offersen BV, Boersma LJ, Kirkove C, Hol S, Aznar MC, Sola AB, Kirova YM, Pignol J-P, Remouchamps

- V, Verhoeven K, Weltens C, Arenas M, Gabrys D, Kopek N, Krause M, Lundstedt D, Marinko T, Montero A, Yarnold J, Poortmans P. ESTRO consensus guideline on target volume delineation for elective radiation therapy of early stage breast cancer. *Radiother Oncol* 2015; 114: 3-10
- [14] Nyholm T, Svensson S, Andersson S, Jonsson J, Sohlin M, Gustafsson C, Kjellen E, Soderstrom K, Albertsson P, Blomqvist L, Zackrisson B, Olsson LE, Gunnlaugsson A. MR and CT data with multiobserver delineations of organs in the pelvic area – Part of the Gold Atlas project. *Medical Physics* 2018; 45: 1295-1300
- [15] Yi SK, Mak W, Yang CC, Liu T, Cui J, Chen AM, Purdy JA, Monjazebe AM, Do L. Development of a standardized method for contouring the lumbosacral plexus: A preliminary dosimetric analysis of this organ at risk amount 15 patients treated with intensity-modulated radiotherapy for lower gastrointestinal cancers and the incidence of radiation-induced lumbosacral plexopathy. *IJROBP* 2012; 84: 376-82
- [16] Berg EJ, Ashurst JV. Anatomy, Back, Cauda Equina. StatPearls Publishing 2018.
- [17] Kojima S, Suzuki K, Hirata M, Shinohara H, Ueno E. Depicting the semicircular canals with inner-ear MRI: A comparison of the SPACE and TrueFISP sequences. *J Magn Reson Imaging* 2013; 37: 652-9
- [18] Werner-Wasik M, Yorke E, Deasy J, Nam J, Marks LB. Radiation dose-volume effects in the esophagus. *IJROBP* 2010; 76: s86-93
- [19] Li B, Li D, Lau DH, Farwell DG, Luu Q, Rocke DM, Newman K, Courquin J, Purdy JA, Chen AM. Clinical-dosimetric analysis of measures of dysphagia including gastrostomy-tube dependence among head and neck cancer patients treated definitively by intensity-modulated radiotherapy with concurrent chemotherapy. *Radiat Oncol* 2009; 4: 52
- [20] PLATO Trial Development Group (ISRCTN88455282), United Kingdom
- [21] Brooks C, Hansen VN, Riddell A, Harris VA, Tait DM. Proposed genitalia contouring guidelines in anal cancer intensity-modulated radiotherapy. *BJR* 2015; 88: 20150032
- [22] Hughes GK, Miszkiel KA. Imaging of the lacrimal gland. *Semin Ultrasound CT MR* 2006; 27: 476-91
- [23] Freedman L, Sidani C. A Radiation Oncologist’s Guide to Contouring the Lacrimal Gland. *PRO* 2015; 5: e697-8
- [24] van de Water TA, Bijl HP, Westerlaan HE, Langendijk JA. Delineation guidelines for organs at risk involved in radiation-induced salivary dysfunction and xerostomia. *Radiother Oncol* 2009; 93: 545-52
- [25] Christianen MEMC, Langendijk JA, Westerlaan HE, van de Water TA, Bijl HP. Delineation of organs at risk involved in swallowing for radiotherapy treatment planning. *Radiother Oncol* 2011; 101: 394-402
- [26] Haslett K, Franks K, Hanna GG, Harden S, Hatton M, Harrow S, McDonald F, Ashcroft L, Falk S, Groom N, Harris C, McCloskey P, Whitehurst P, Bayman N, Faivre-Finn C. Protocol for the isotoxic intensity modulated radiotherapy (IMRT) in stage III non-small cell lung cancer (NSCLC): a feasibility study. *BMJ Open* 2016; e: e010457
- [27] Chera BS, Amdur RJ, Patel P, Mendenhall WM. A radiation oncologist’s guide to contouring the hippocampus. *Am J Clin Oncol* 2009; 32: 20–2.
- [28] Gondi V, Tolakananhalli R, Mehta MP, Tewatia D, Rowley H, Kuo JS, Khuntia D, Tome WA. Hippocampal-sparing whole-brain radiotherapy: a “how-to” technique using helical tomotherapy and linear accelerator-based intensity- modulated radiotherapy. *IJROBP* 2010; 78: 1244-52
- [29] Di Biase S, Trignani M, Caravatta L, Voicu PI, Di Carlo C, Vinciguerra A, Augurio A, Perrotti F, Panara V, Genovesi D. Development of a contouring guide in three different head set-ups for hippocampal sparing radiotherapy: a practical approach. *Radiol Med* 2017; 122: 683-89
- [30] Sanguineti G, Adapala P, Endres EJ, Brack C, Fiorino C, Sormani MP, Parker B. Dosimetric predictors

of laryngeal edema. *IJROBP* 2007; 68: 741-9

- [31] Pan CC, Kavanagh BD, Dawson LA, Li XA, Das SK, Miften M, Ten Haken RK. Radiation-associated liver injury.
① *IJROBP* 2010; 76: s94-100
- [32] Olson MC, Posniak HV, Tempany CM, Dudiak CM. MR imaging of the female pelvic region. *Radiographics* 1992; 12: 445-65
- [33] Hauth EA, Jaeger HJ, Libera H, Lange S, Forsting M. Magnetic resonance imaging of the ovaries of healthy women: determination of normal values. *Acta Radiol* 2006; 47: 986-92
- [34] Peters NHGM, Patterson AJ, Horan G, Gregory D, Sala E. Assessment of ovarian movement on consecutive pelvic MRI examinations in patients with gynaecological malignancies: what is the planning organ-at-risk volume for radiotherapy? *BJR* 2012; 85: 1407-14
- [35] Hoebbers F, Yu E, Eisbruch A, Thorstad W, O'Sullivan B, Dawson LA, Hope A. A pragmatic contouring guideline for salivary gland structures in head and neck radiation oncology: the MOIST target. *Am J Clin Oncol* 2013; 36: 70-6
- [36] Sanguineti G, Little M, Endres EJ, Sormani MP, Parker BC. Comparison of three strategies to delineate the bowel for whole pelvis IMRT of prostate cancer. *Radiother Oncol* 2008; 88: 95-101
- [37] Chaudhry SR, Panuganti KK. Anatomy, Abdomen and Pelvis, Spleen. StatPearls Publishing; 2018.
- [38] Kataria T, Gupta D, goyal S, Bisht SS, Chaudhary R, Narang K, Banerjee S, Basu T, Abhishek A, Sambasivam A, Vishnu NT. Simple diagrammatic method to delineate male urethra in prostate cancer radiotherapy: an MRI based approach. *BJR* 2016; 89: 20160348
- [39] Zakian KL, Wibmer A, Vargas HA, Alberts E, Kadbi M, Mychalczak B, Kollmeier M, Gorovets D, McBride S, hunt M, Zelefsky MJ, Tyagi N. Comparison of motion-insensitive T2-weighted MRI pulse sequences for visualization of the prostatic urethra during MR simulation. *PRO* 2019; 9: e534-40

翻訳協力者（五十音順）

新井 雄（多摩総合医療センター 放射線科）

伊藤 進也（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））

北村 望（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））

酒井 海渡（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））

須田 雄飛（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））

滝沢 拓人（東京都立墨東病院 診療放射線科）

鶴巻 郁也（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））

安居 虹希（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））

渡辺 翔太（がん・感染症センター都立駒込病院 放射線科（治療部））