

IMRTにおける患者QA 実態調査アンケート

日本医学物理学会 QA/QC委員会 (R2-R3年度)
IMRT/VMAT QAアンケート調査班

姉帯 優介, 秋田 和彦, 上田 悦弘, 大谷 侑輝,
加藤 貴弘, 川守田 龍, 木藤 哲史, 熊崎 祐, 黒岡 将彦,
隅田 伊織, 成田 雄一郎, 松崎 有華, 中村光宏

0. アンケート調査の背景, 目的, 実施状況

1. IMRTに関する臨床状況

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

0. アンケート調査の背景, 目的, 実施状況

1. IMRTに関する臨床状況

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

- 中村らの調査*1 当時(2012年)と比較し, 本邦において, IMRTが普及し, 治療機やIGRTの手法も進化した.
- AAPMによる患者QAガイドライン (TG218)*2 が策定され, Patient-specific IMRT QA(患者QA)に対する理解も広まってきつつある.
- しかし, 施設が管理する治療機, 測定装置, 臨床方針, 品質管理について, ばらつきを生じざるを得ない状況である.
- 本アンケートの目的は, 患者QAの実態を把握することである.

*1 中村 光宏 他 JSMP H24 年度課題研究「強度変調放射線治療における線量検証の標準化に向けた調査研究」(2012)

*2 Miften, M., et., al. Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement based verification QA: recommendations of AAPM Task Group No. 218. Medical physics, 45(4), e53-e83, (2018).

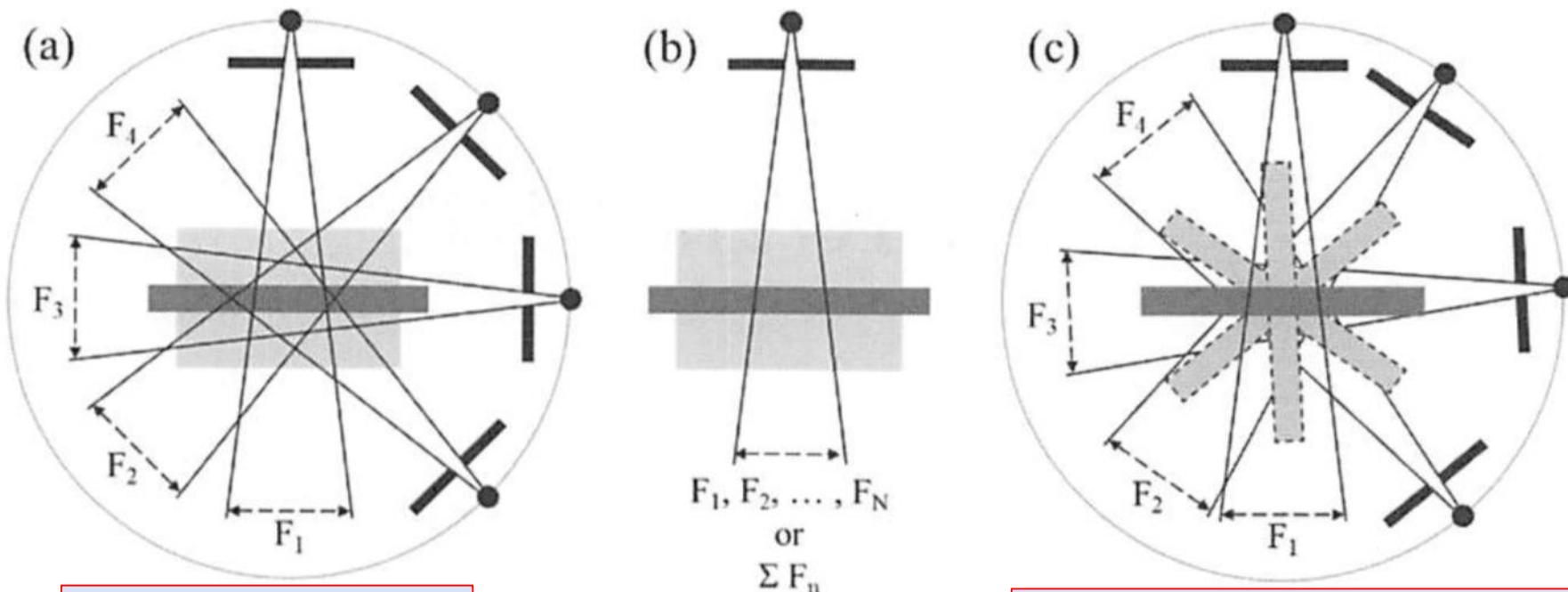
- IMRTを用いた照射は、治療計画装置による最適化を経て、機械構造的(ガントリ, MLC, Jawなど)に複雑なプロセスにより**いくつもの不確かさを含んで**達成される。
- 不確かさが臨床的に許容できるレベルであるか検証することは、**患者の安全性**のために重要^{*1-2}であり、AAPM, ASTRO, ACR (American College of Radiology)といった団体により**強く推奨されている**。
- End-to-end検証により、照射過程における(機械的挙動や登録システムなども含む)**患者に有害な予期せぬエラー**を検出する。

*1 Bogdanich W. Radiation Offers New Cures, and Ways to Do Harm. New York: The New York Times, 2010.

*2 Bogdanich W. As Technology Surges, Radiation Safeguards Lag. New York: The New York Times, 2010.

- 多くの施設において、ファントムなどへ患者に照射する予定のプランを実現することによって、複雑な機械駆動によって達成される線量値や線量分布などが妥当であるか検証されている。
- しかし、患者の体内の不均質性を再現した環境や、セットアップによる誤差、計算アルゴリズムによる誤差等は評価できない。
- 多くの施設で検討される測定解析評価も、測定機器、測定手法、線量計算(アルゴリズム、グリッドサイズetc)、解析パラメータなどについても多様である。
- 実際には、臨床方針などのバリエーションもある中で、**臨床的許容かどうかの評価は各施設に大きく依存**する。

患者QAにおける測定手法



True composite (TC)

Perpendicular composite (PC)

Perpendicular field-by-field (PFF)

- TC法による測定が推奨されるが、測定機器の選択により、どの手法で実施されるかは、ある程度決まってしまう。

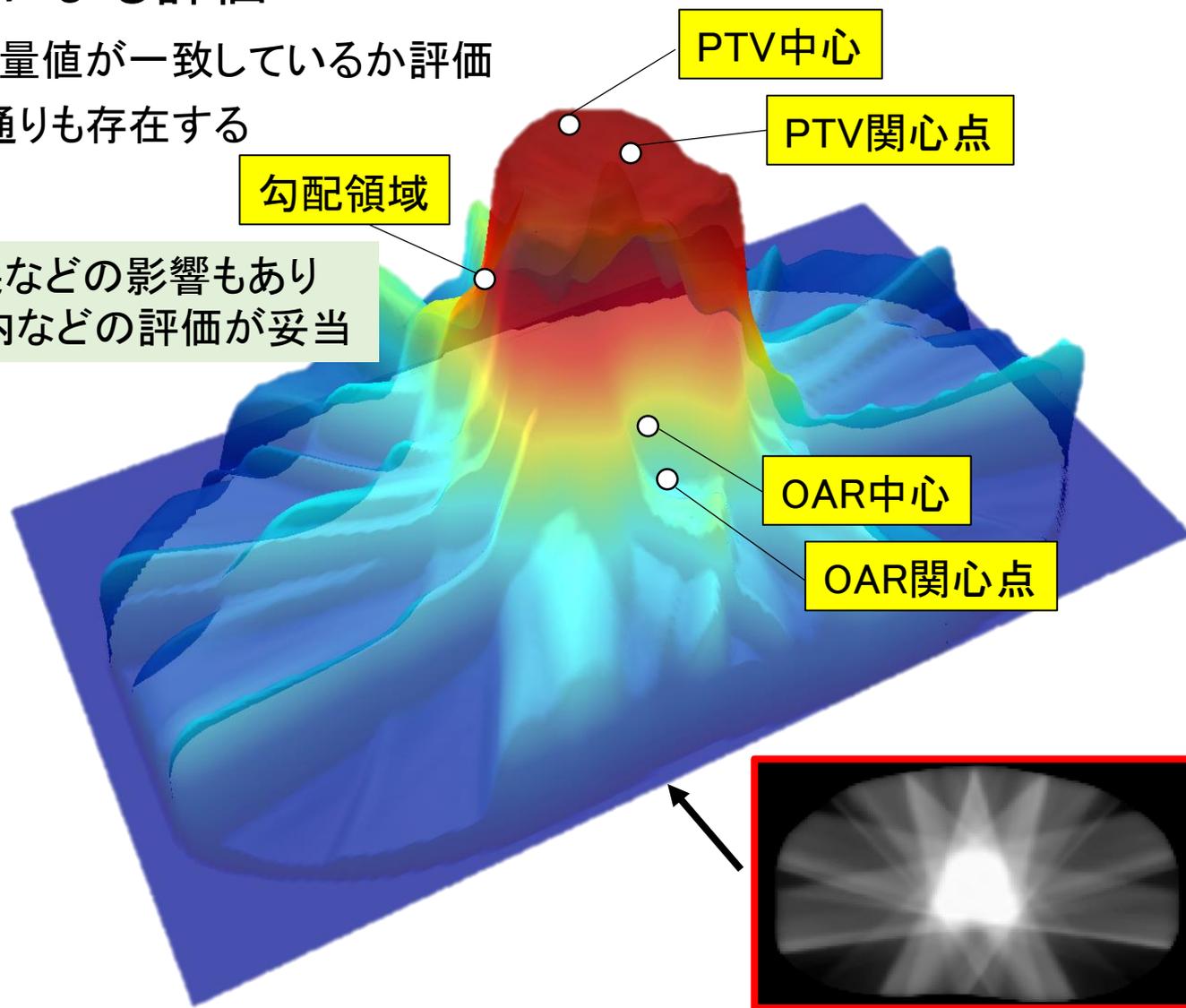
* Miften, M., et., al.. TG218, *Medical physics*, 45(4), e53-e83.

線量分布評価における多様性

■ 関心点吸収線量による評価

ある代表点における線量値が一致しているか評価
代表点の選び方は幾通りも存在する

線量計における体積効果などの影響もあり
線量値の一致は $\pm x\%$ 以内などの評価が妥当



■ 線量分布による評価

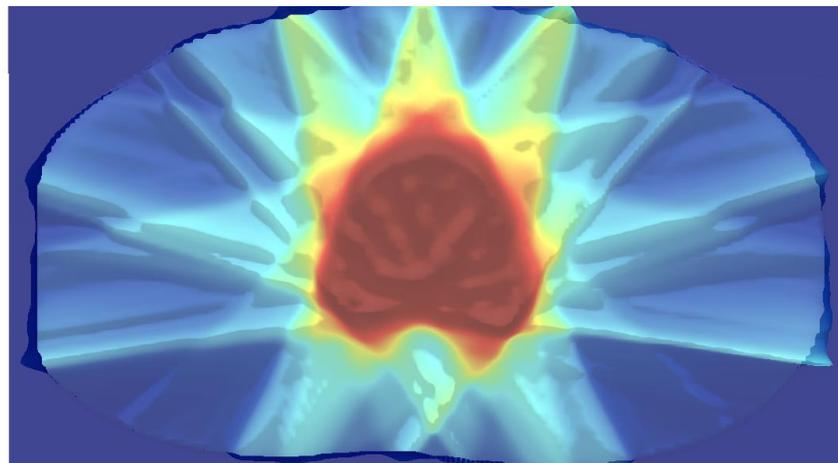
治療計画装置によって得られた線量分布(参照分布)と
実測された線量分布(評価分布)の2つの一致度を評価する

● Dose Difference (DD)

2つの線量分布を重ねたとき, 同一点での線量差

● Distance-to-agreement (DTA)

2つの線量分布を重ねたとき, ある参照分布側の点の線量と同一の線量値
をもった評価分布点までの距離



$$\Gamma(\vec{r}_r, \vec{r}_e) = \sqrt{\frac{r^2(\vec{r}_r, \vec{r}_e)}{\Delta d^2} + \frac{\delta^2(\vec{r}_r, \vec{r}_e)}{\Delta D^2}}$$

r : 線量距離

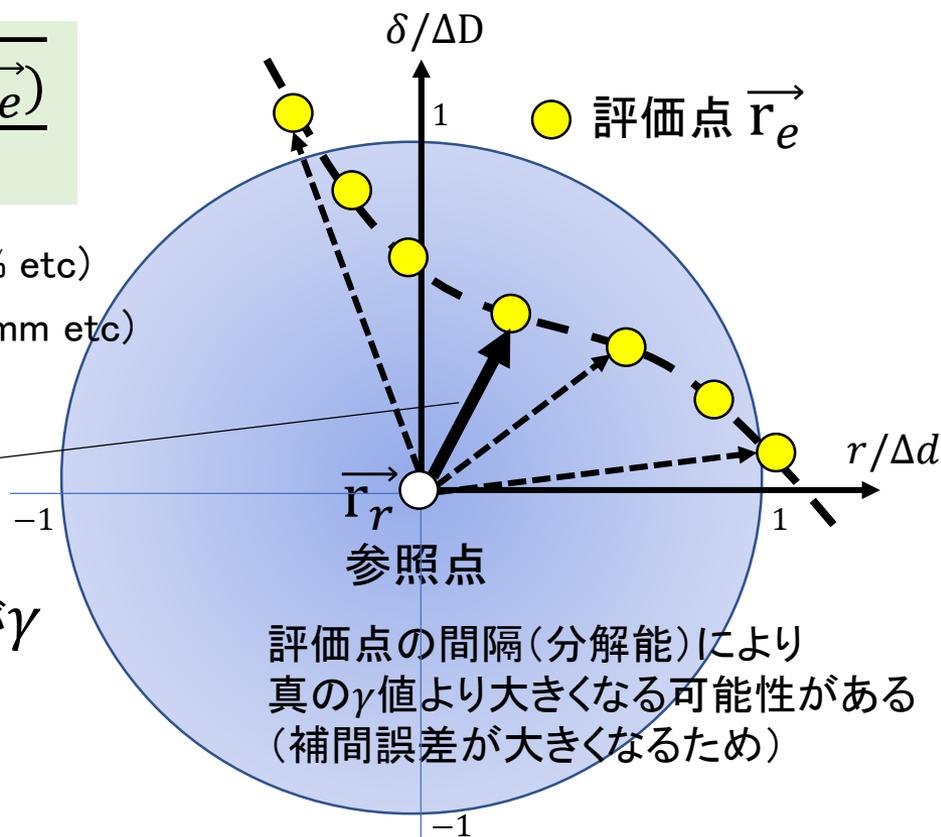
Δd : 許容DTA (3% etc)

δ : 線量差

ΔD : 許容DD (2mm etc)

$$\gamma(\vec{r}_r) = \min\{\Gamma(\vec{r}_r, \vec{r}_e) \forall \vec{r}_e\}$$

全ての評価点 ($\forall \vec{r}_e$) で最小となる Γ 値が γ
 $\gamma \leq 1$ ならpass



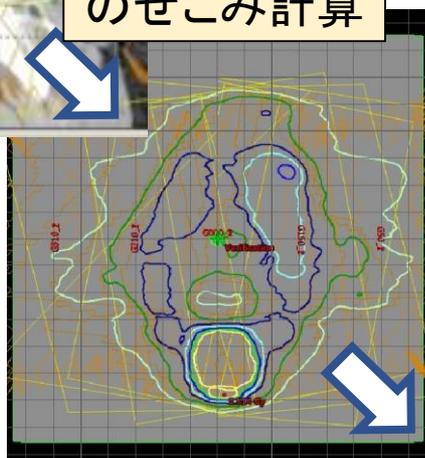
- 線量差, 線量距離どちらかがfailでもpassする可能性がある
- MLCの位置・駆動誤差や臨床的に影響のあるエラー (OARの高線量方向へのずれ等)かは判別できない
- 異なる $\Delta d, \Delta D$ での評価や, mean γ , max γ なども併せて評価

ガンマ解析評価の多様性

臨床プラン



のせこみ計算



■ 線量計算

- ・ファントムの選択？
- ・計算グリッドサイズ？
- ・アルゴリズム？

実測

■ 測定

- ・測定機器？(解像度)
- ・測定手法？(TC,PC,PFF)

解析評価

■ 解析評価

- ・ソフトウェア？
- ・指標値(3%/2mm etc)？
- ・Threshold(10% etc)？
- ・pass率(95% etc)？
- ・参照線量(2Gy etc)？
- ・参照方法(local/global)？
- ・2D or 3D？

(補間範囲や探索点に影響)

⋮

ガンマ解析評価: 例

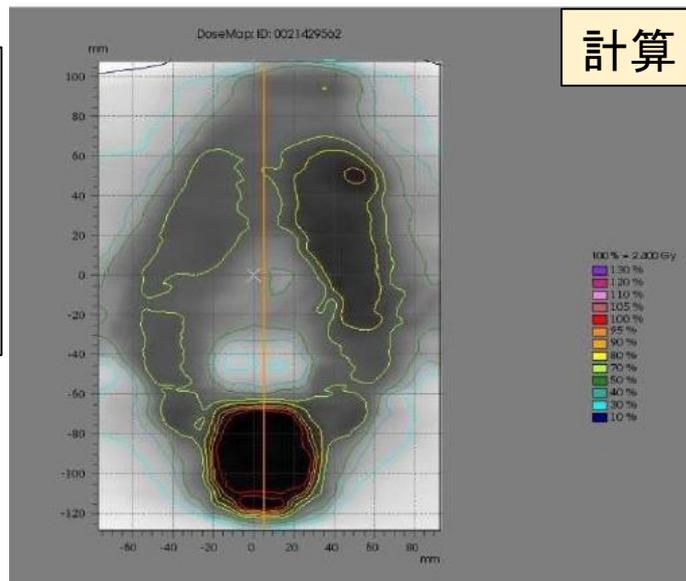


照射条件



骨盤照射 (72Gy/60Gy/50Gy/30fr)
 TC法: フィルム, タフウォーター
 3Dガンマ解析:
 3%/2mm, Threshold max dose 10%
 解析ソフト: VeriSoft (PTW)

計算



Gamma 3D - Parameters

2.0 mm Distance- To- Agreement
 3.0 % Dose difference with ref. to selected dose 2.40 Gy (or AU)
 Suppress dose below 10.0 % of max. dose of selected slice
 Option "Use 2nd and 3rd pass" selected

QALレポート

2.4Gy/1fr

Statistics

Number of Dose Points	321,600
Evaluated Dose Points	320,055 (99.5 %)
Passed	315,472 (98.6 %)
Failed	4,583 (1.4 %)
Result	98.6 % (Green)

Pass率: >95%

Gamma 3D

Arithmetic Mean	0.382
Min (LR = -28.1 mm; TG = -62.0 mm)	0.000
Max (LR = -33.7 mm; TG = -55.3 mm)	3.100
Median	0.346

mean γ : 0.38

max γ : 3.10

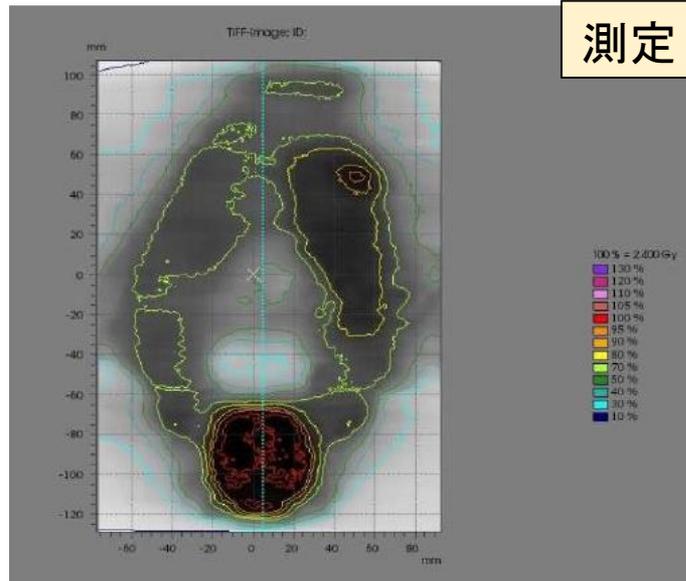
Absolute Difference

Arithmetic Mean	0.037 Gy
Min (LR = -28.1 mm; TG = -62.0 mm)	0.000 Gy
Max (LR = 1.9 mm; TG = -128.0 mm)	0.733 Gy
Median	0.031 Gy

Settings

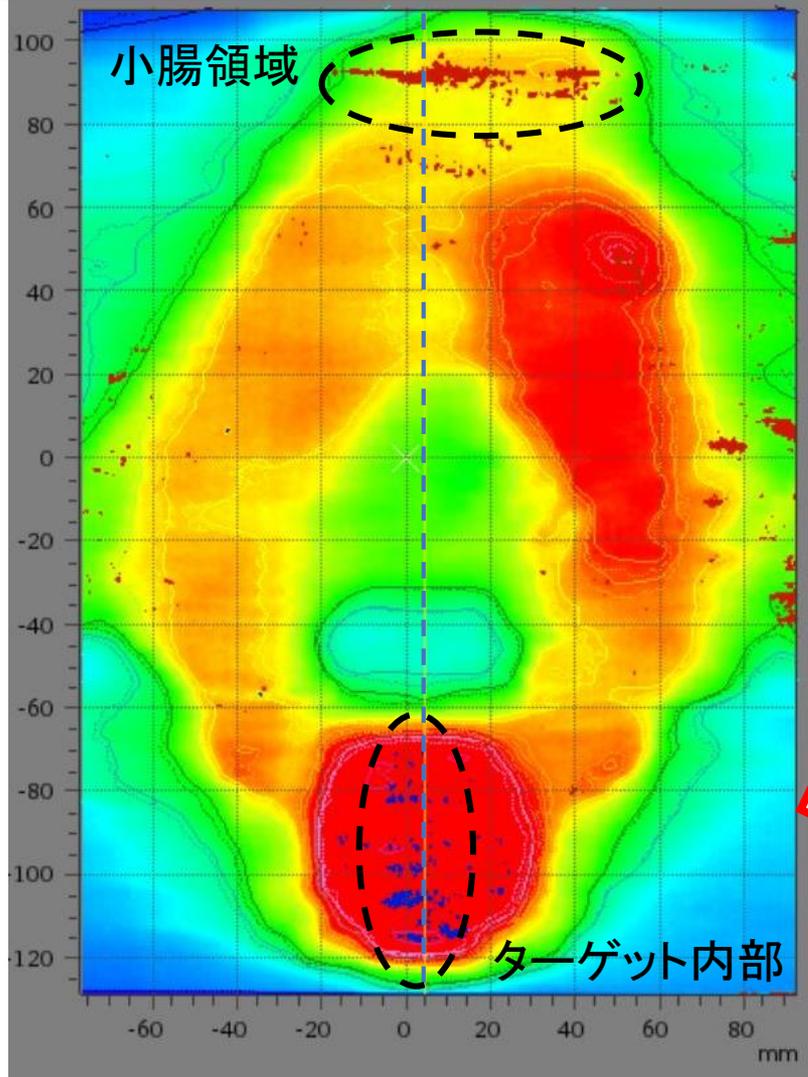
Passing criteria	Gamma \leq 1.0
Green	95.0 % to 100.0 %
Yellow	90.0 % to 95.0 %
Red	0.0 % to 90.0 %

測定

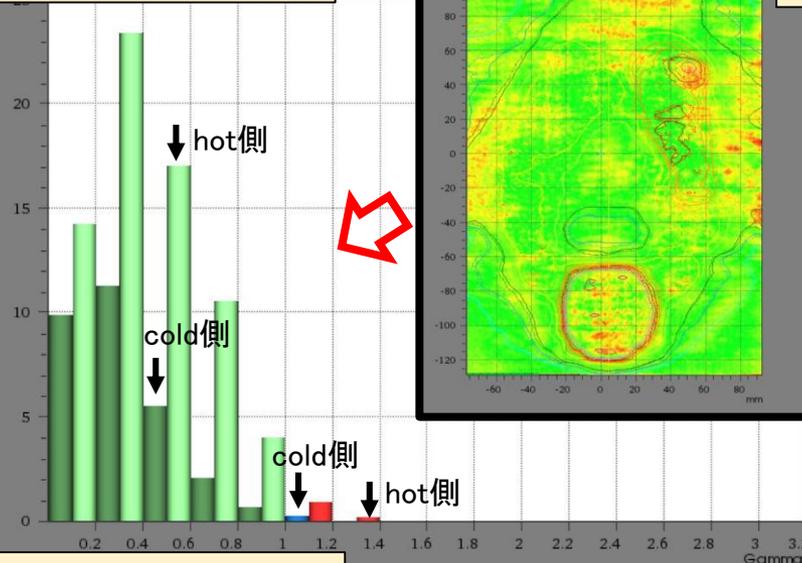


ガンマ解析評価：例

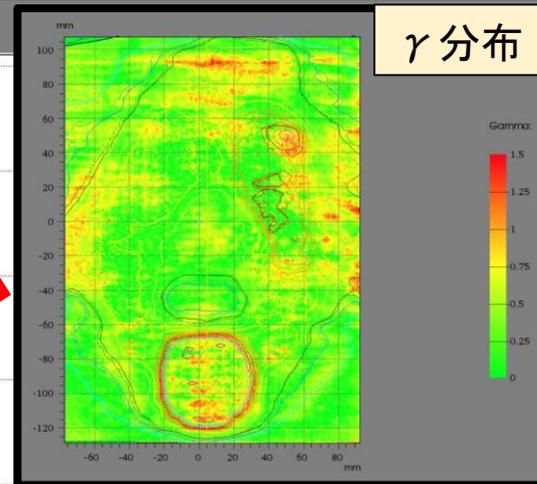
線量分布と逸脱点の重ね合わせ



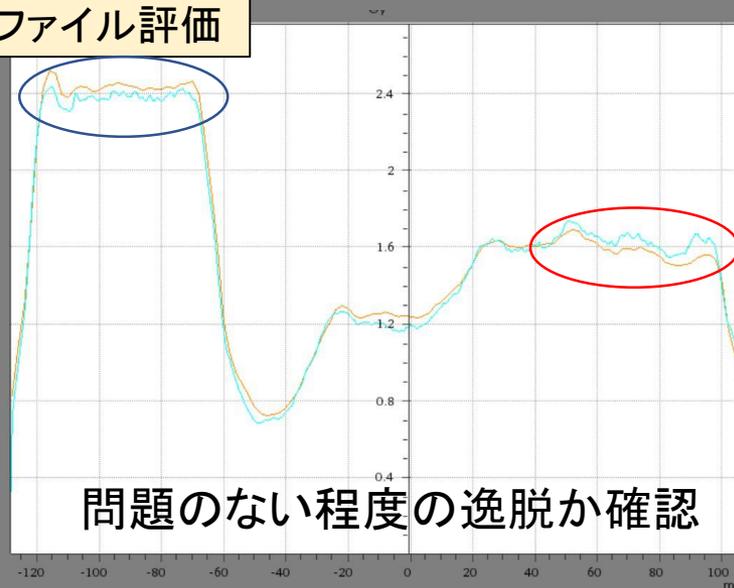
ヒストグラム評価



γ 分布

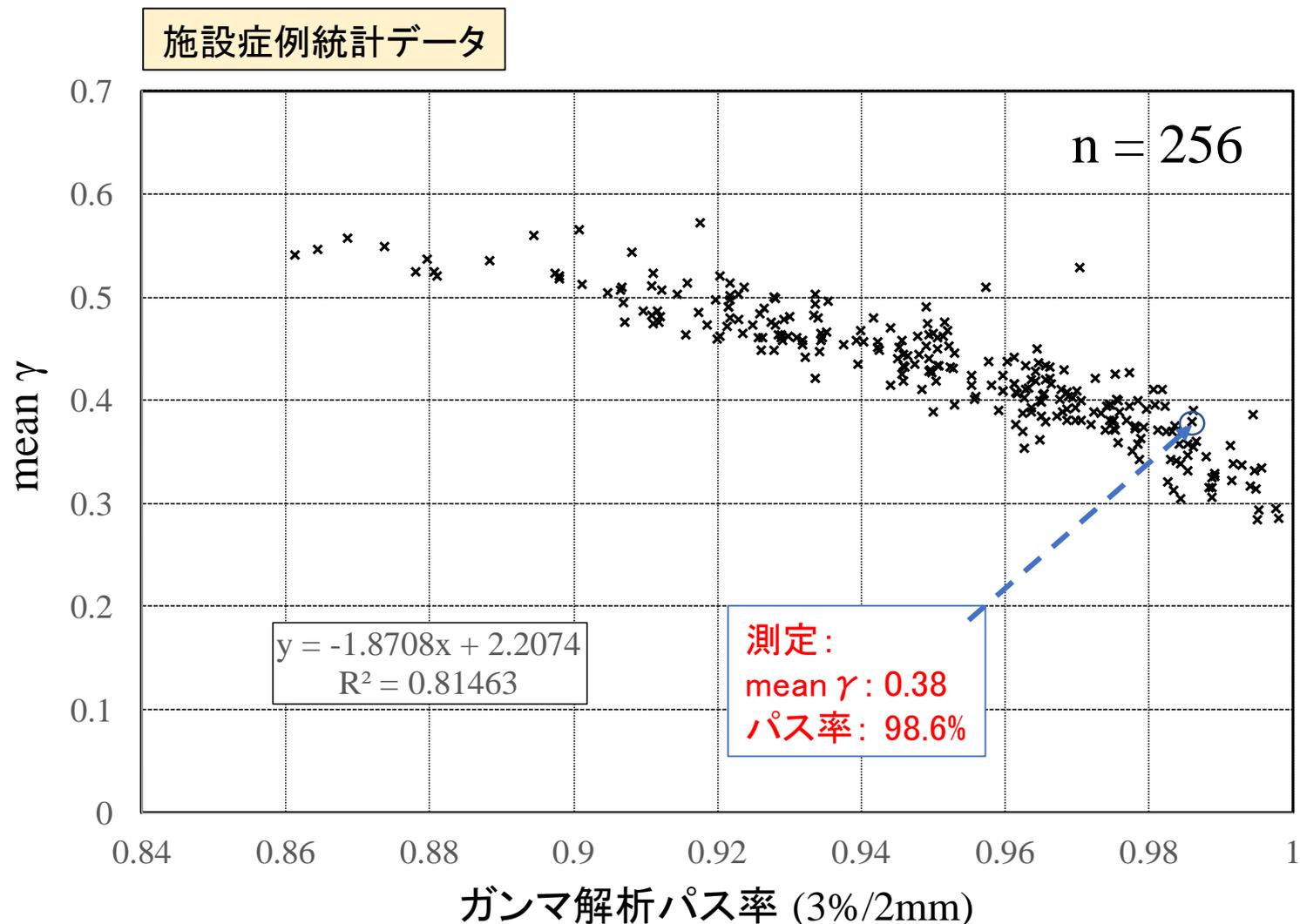


プロファイル評価



ガンマ解析評価：例

- 得られたパス率が過去症例と比較して妥当か，別の視点で解析

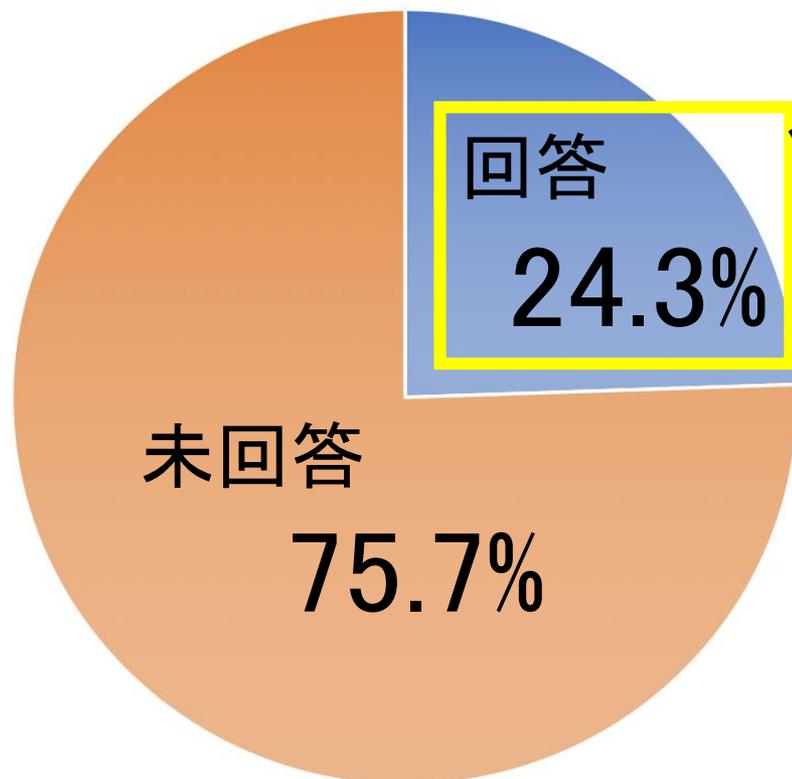


- Googleフォームを利用したオンラインアンケート
- 収集期間: 2021年2月12日 - 2021年3月31日 まで
- 対象: IMRT/VMAT/SRT(SRS) を実施している施設
 - TomoTherapy, CyberKnifeなどの汎用リニアックでないものも含む
 - 実施/未実施についても回答

回答施設数(内訳)

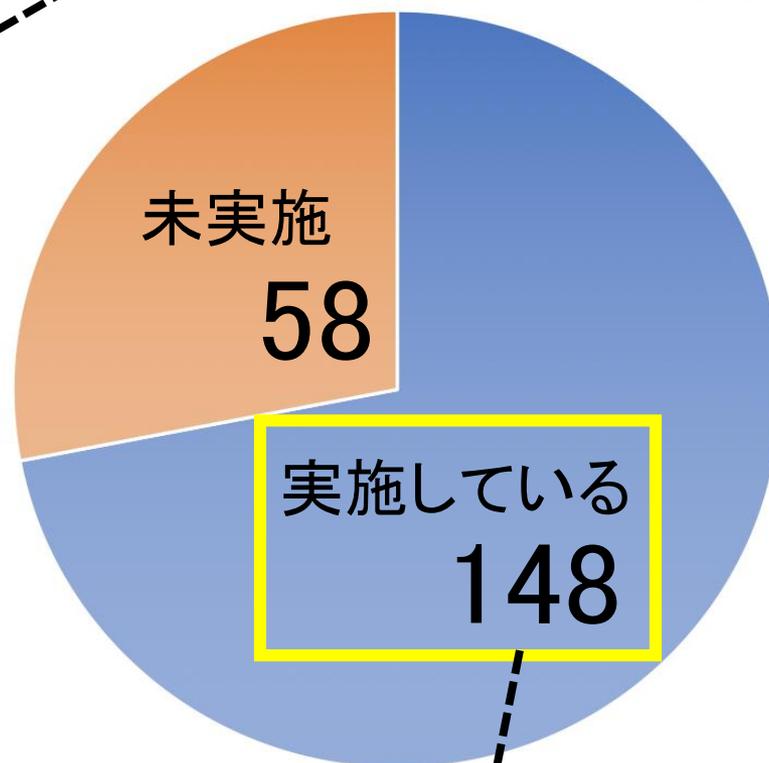


放射線治療可能施設数: **846***



回答施設数: **206**

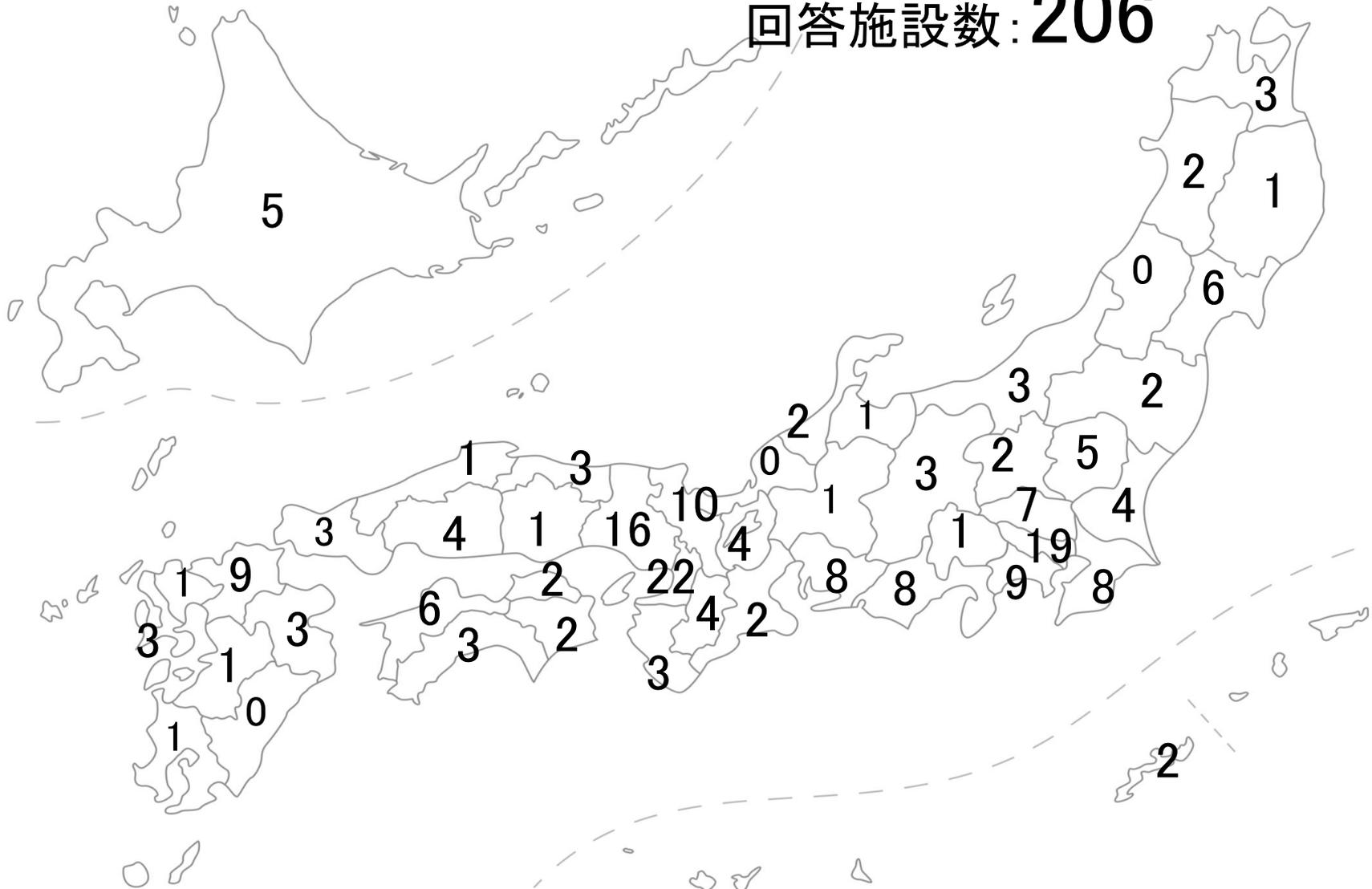
IMRTの実施



施設基準届出施設: **278**

回答施設(分布)

回答施設数: 206

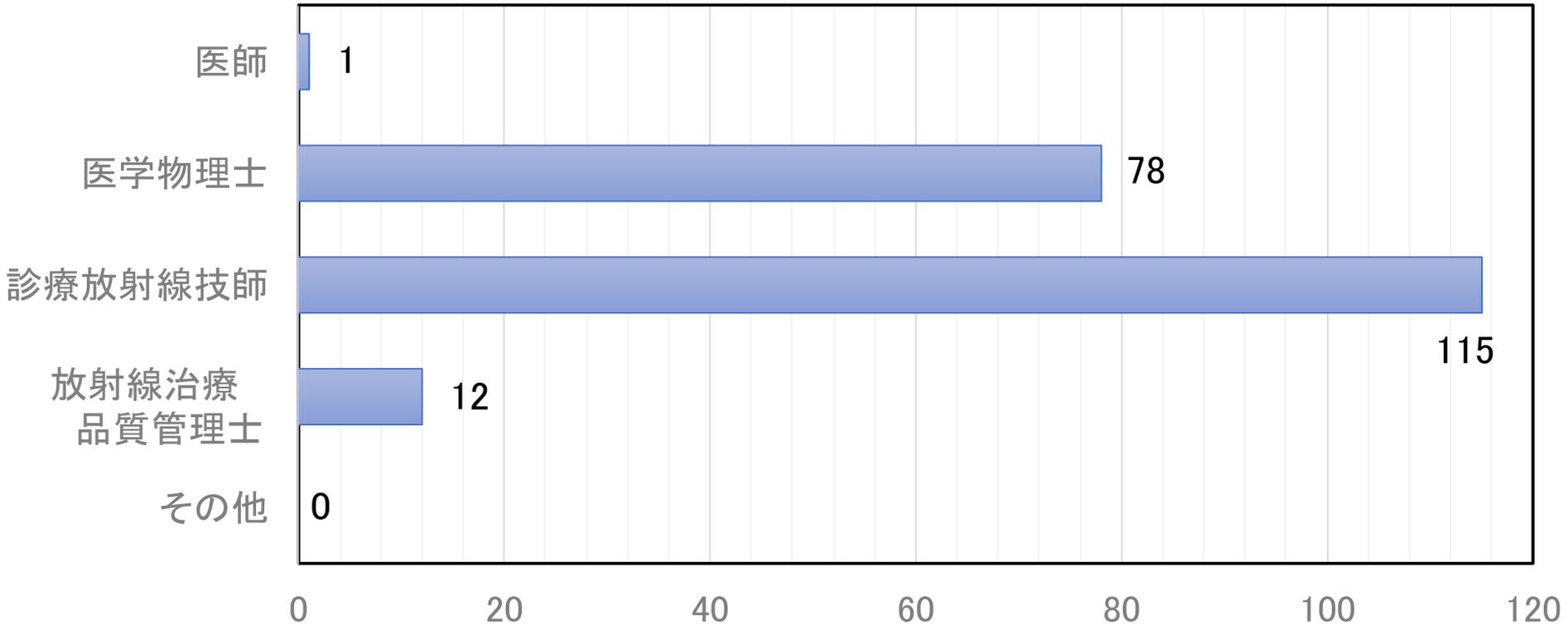


記入者(職種)



回答者(内訳)

回答施設数:206



- 診療放射線技師 (55.8%)
- 医学物理士 (37.9%)
- 放射線治療品質管理士 (5.8%)
- 医師 (0.50%)

第三者機関による出力線量評価の依頼先機関



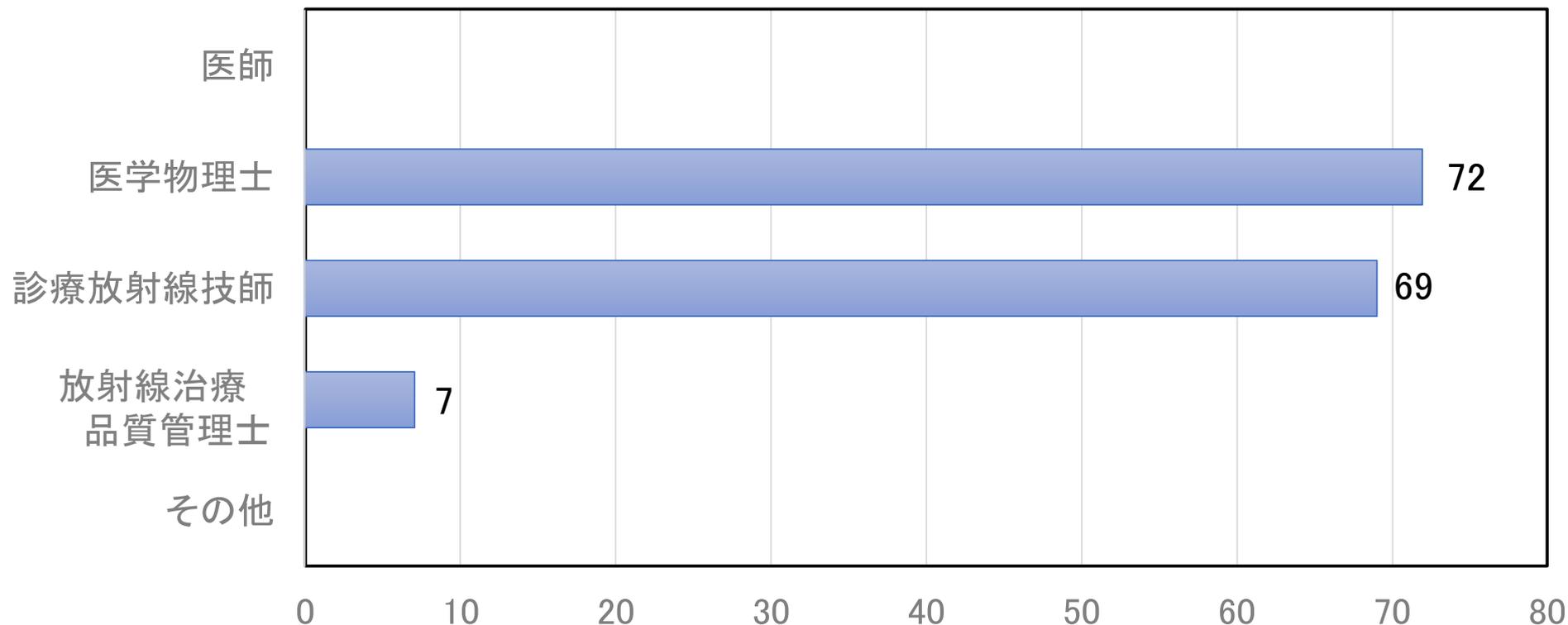
項目	施設数
訪問測定による出力線量の評価を実施する暫定第三者主力線量評価認定機関	3
国立がん研究センターがん対策情報センターによる 訪問 第三者評価	3
国立がん研究センターがん対策情報センターによる 郵送 第三者評価	20
日本臨床腫瘍研究グループ放射線治療グループ医学物理ワーキンググループによる 訪問 第三者評価	3
日本臨床腫瘍研究グループ放射線治療グループ医学物理ワーキンググループによる 郵送 第三者評価	1
IROC (Imaging and Radiation Oncology Core) による On-site Audits	8
IROC (Imaging and Radiation Oncology Core) による Off-site Audits	0
郵送測定による出力線量の評価を実施する暫定第三者出力線量評価認定機関	23
医用原子力技術研究振興財団による郵送第三者評価	122
その他	4
現在までに依頼していない or 今後依頼する予定	19

記入者(職種別)-IMRT実施施設



IMRT実施施設:回答者(内訳)

実施施設数:148



- IMRT実施施設では 医学物理士 の回答者が多かった(48.7%)
- 診療放射線技師(46.6%), 放射線治療品質管理士(4.7%)

0. アンケート調査の背景, 目的, 実施状況

1. IMRTに関する臨床状況

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

1. IMRTに関する臨床状況

- Q01: 放射線治療件数(全体)(2015-2020の最多年度)
 - 再照射症例を含み, 一連の治療と見なせるものの件数(部位別同日照射は1件)
- Q02: 放射線治療件数(IMRT)(2015-2020の最多年度)
 - 再照射症例を含み, 一連の治療と見なせるものの件数(部位別同日照射は1件)
- Q03: 業務上, 患者QAを担当している人数
 - 日常業務上の能力を有している人数
- Q04: 業務上, 患者QAを行う職種
 - 日常業務上, 主に携わっている職種
- Q05: 患者QA結果が施設基準を逸脱した場合における施設方針
- Q06: 患者QA結果が施設基準を逸脱した場合において, 治療計画を臨床的許容とする根拠と職種

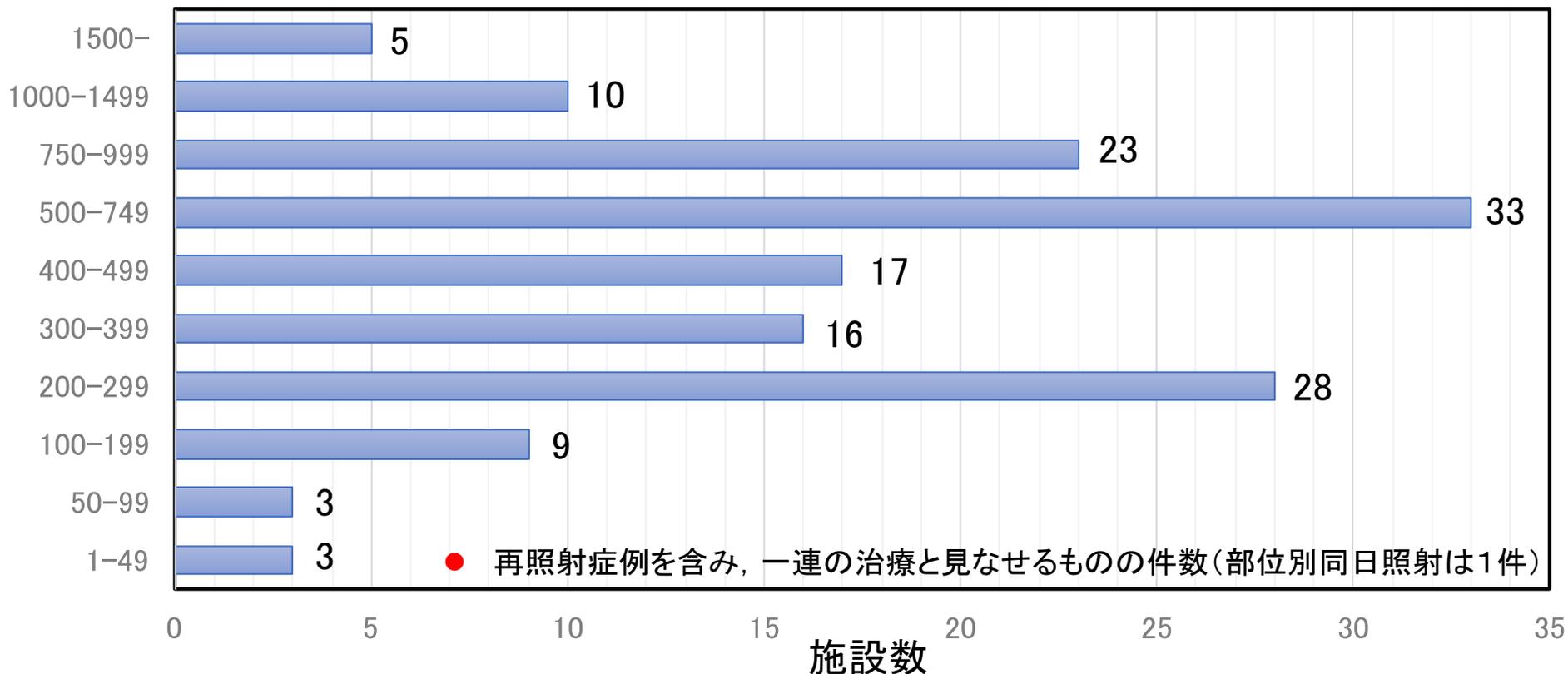
放射線治療件数(最多年度)

● Q01



年間放射線治療件数(2015-2020の最多年度)

有効回答数: **147**



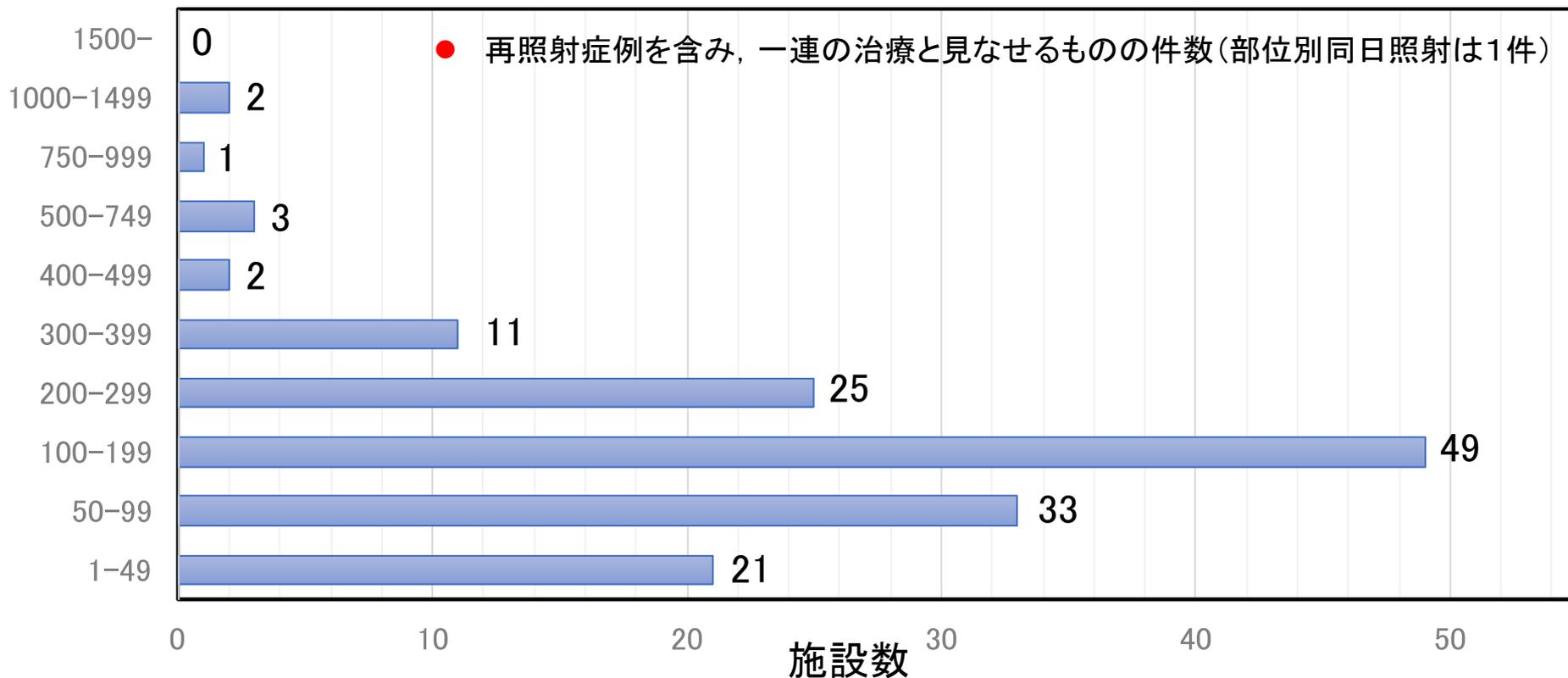
IMRT治療件数(最多年度)

● Q02



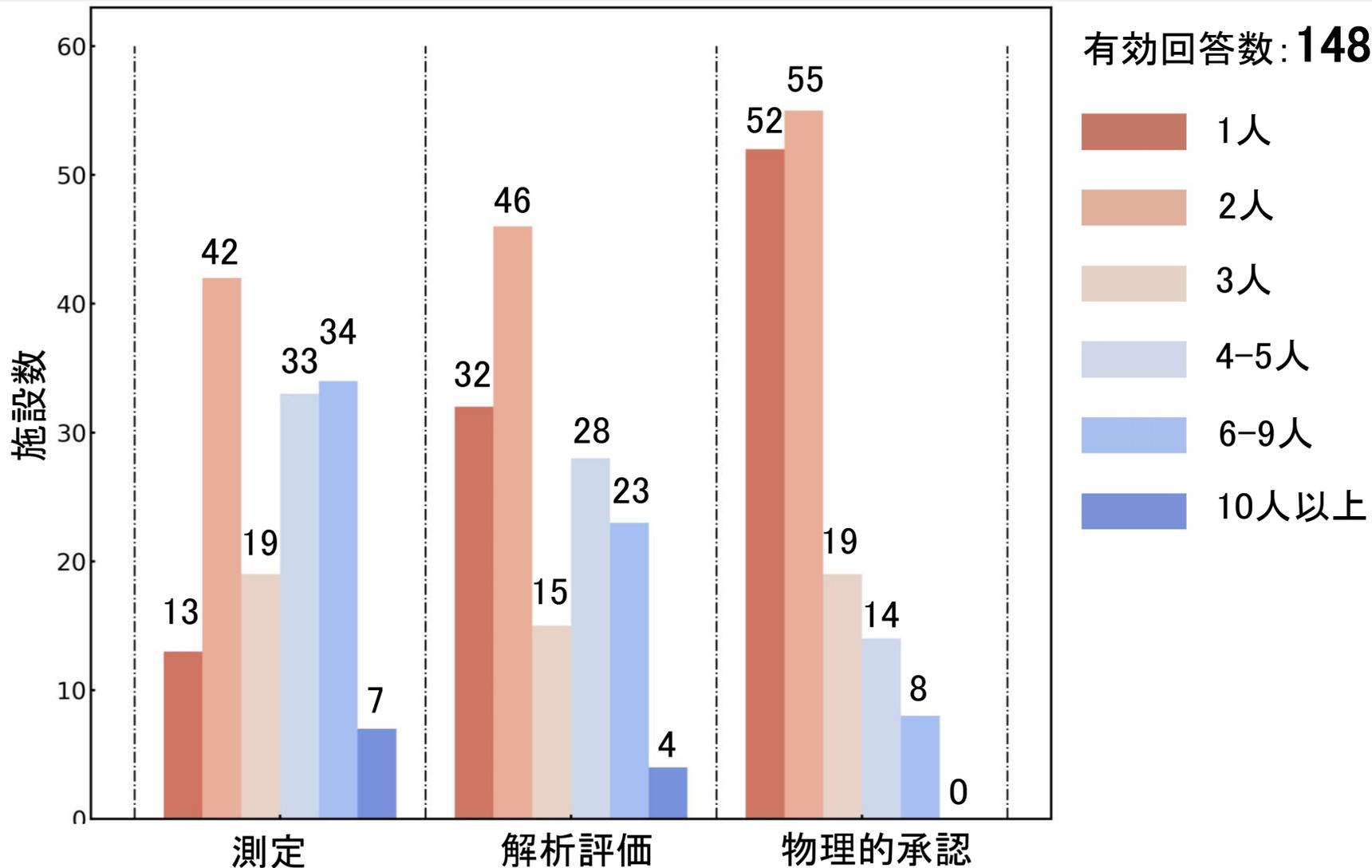
年間IMRT治療件数(2015-2020の最多年度)

有効回答数: **147**



業務上、患者QAを担当している人数

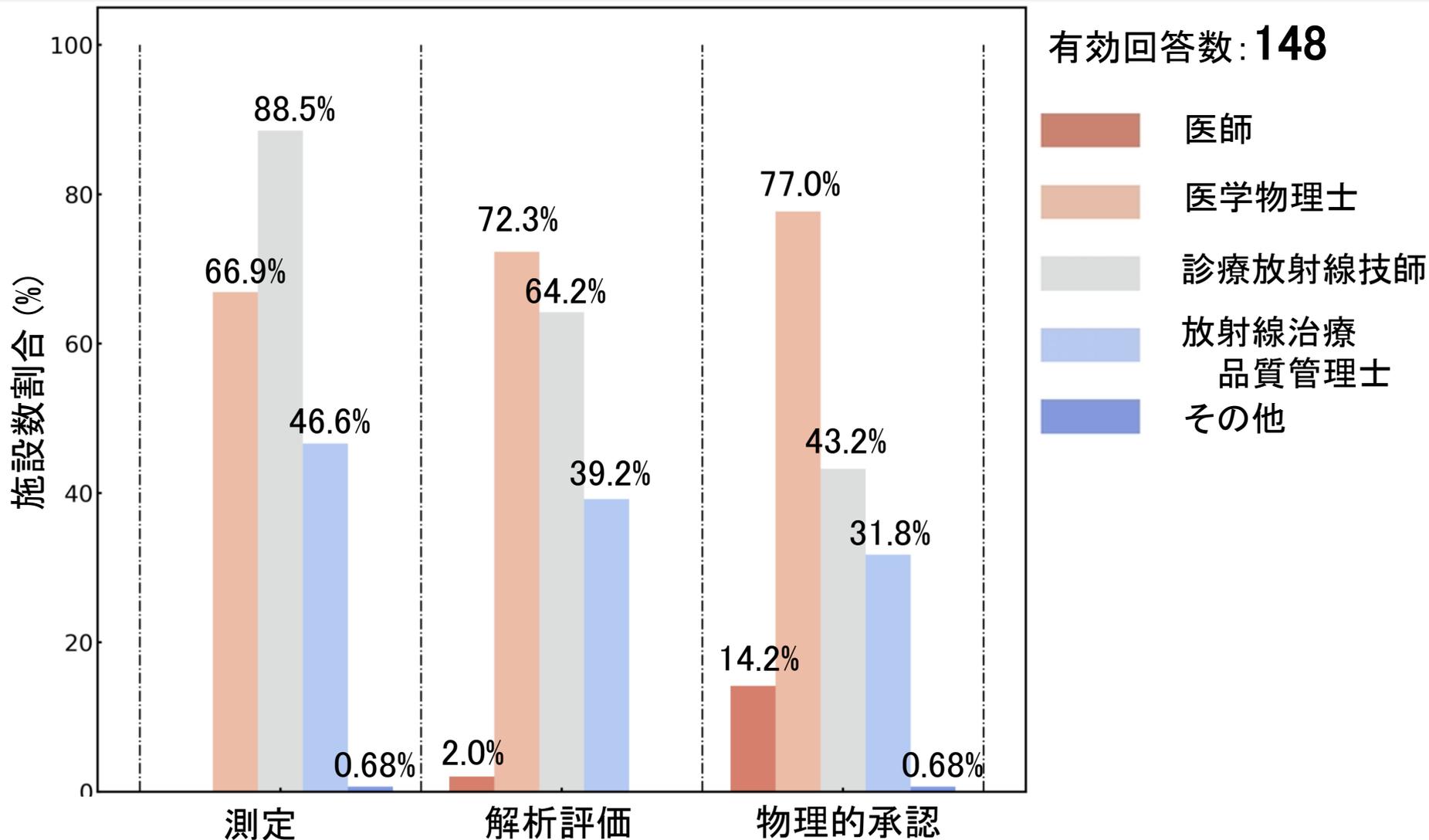
● Q03



業務上、患者QAを行う職種



● Q04

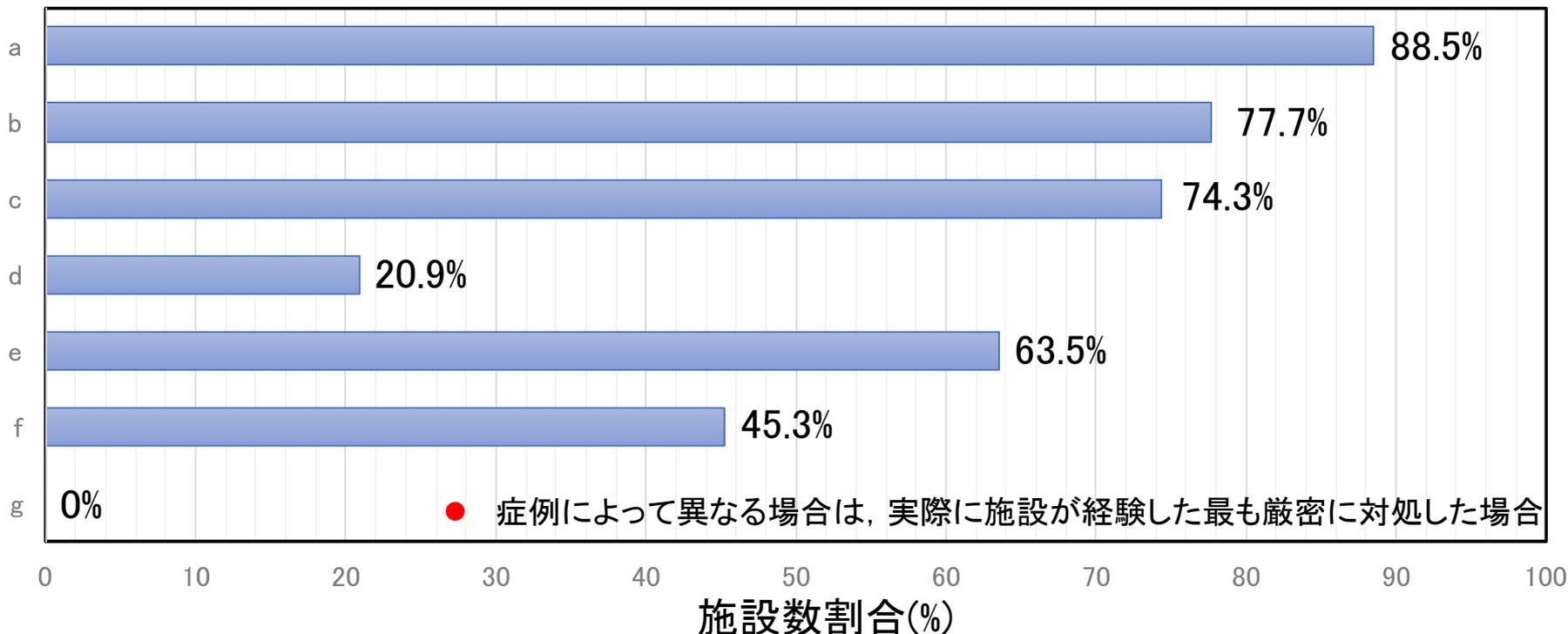


患者QA結果が施設基準を逸脱した場合の施設方針



● Q05

患者QA結果が施設基準を逸脱した場合における施設方針 有効回答数: 148

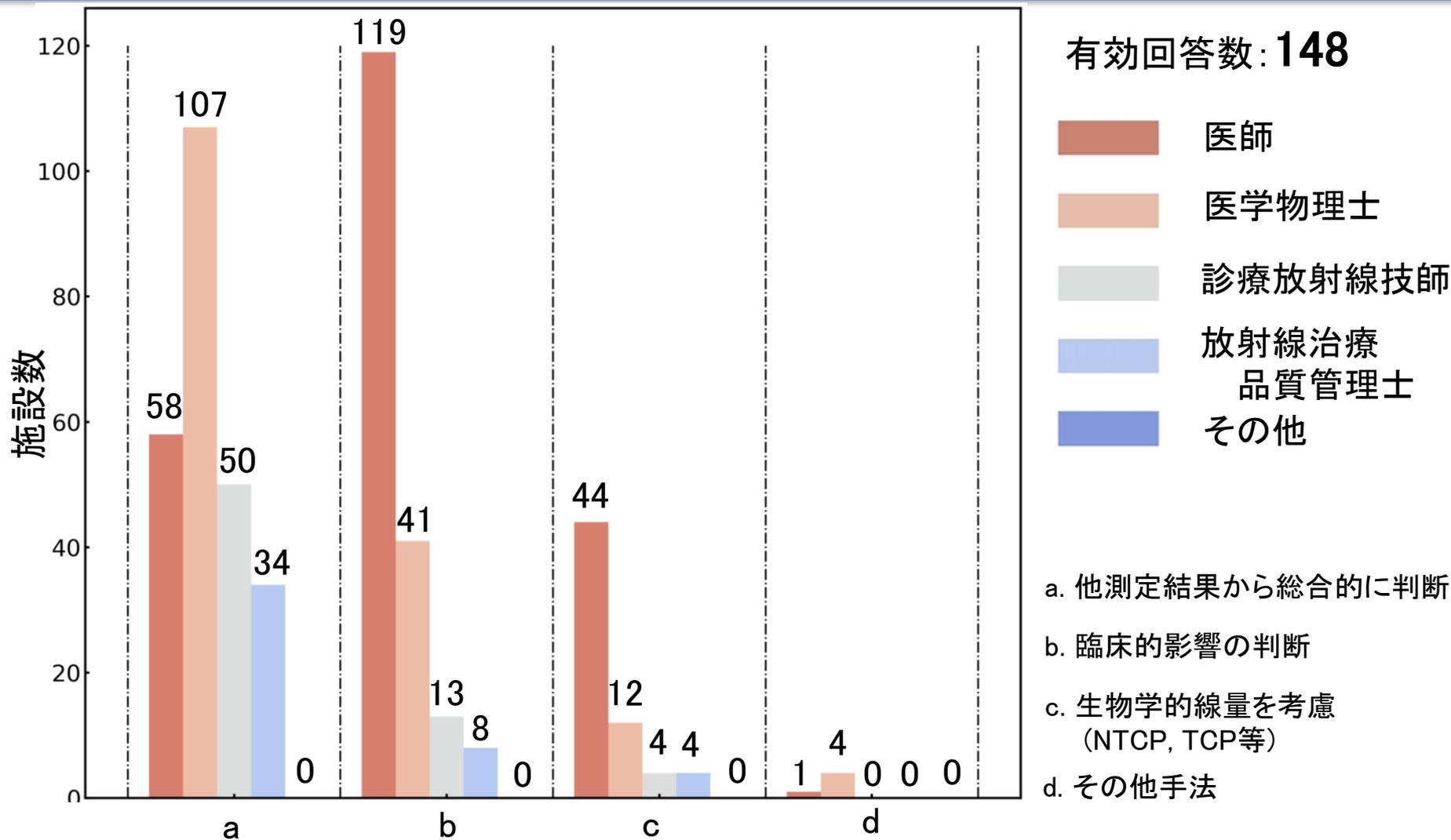


- a. 測定ミスの洗い出し b. 同条件での再測定
- c. 別条件での再測定(測定位置 or 測定機器 or 測定手法の変更)
- d. コミッシュニング時のパラメータ(MLC transmissionやDLGなど)の見直し
- e. 臨床的に問題ない逸脱か確認(OARがhotもしくはtargetがcoldでないなど)
- f. 再計画 g. その他

治療計画を臨床的許容とする根拠と職種



● Q06



■ その他手法での記載

有効回答数: 5

- 許容しない(2施設)
- 再計画の根拠とする
- 実測値を満たす治療計画装置上のパラメータ測定を行いノーマライズ
- QAをパスした患者の傾向, QA線量差が治療可能比に与える影響を考慮

小括1 (IMRTに関する臨床状況)

- 患者QAにおける測定・解析評価・物理的承認を担当する人数は各施設1-2人であった.
- 患者QAにおいて測定を主に診療放射線技師, 解析評価・物理的承認を主に医学物理士が担当している.
- 施設基準を逸脱した場合, 多くの施設が測定ミスを疑い, 再測定を実施. 再計画やコミッショニング時のパラメータの見直しまで実施する施設はそれぞれ4割強, 2割程度であった.

0. アンケート調査の背景, 目的, 実施状況

1. IMRTに関する臨床状況

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

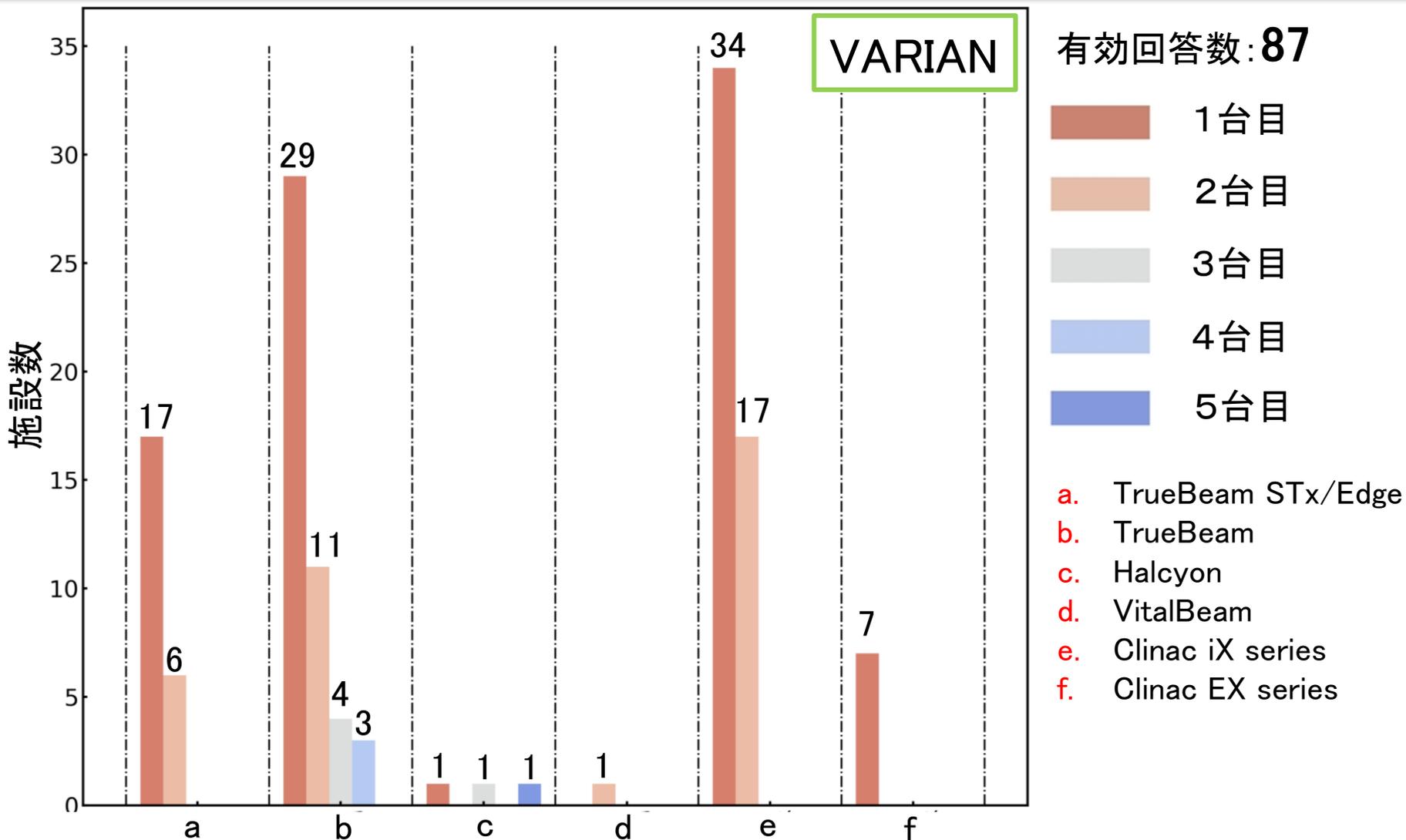
4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

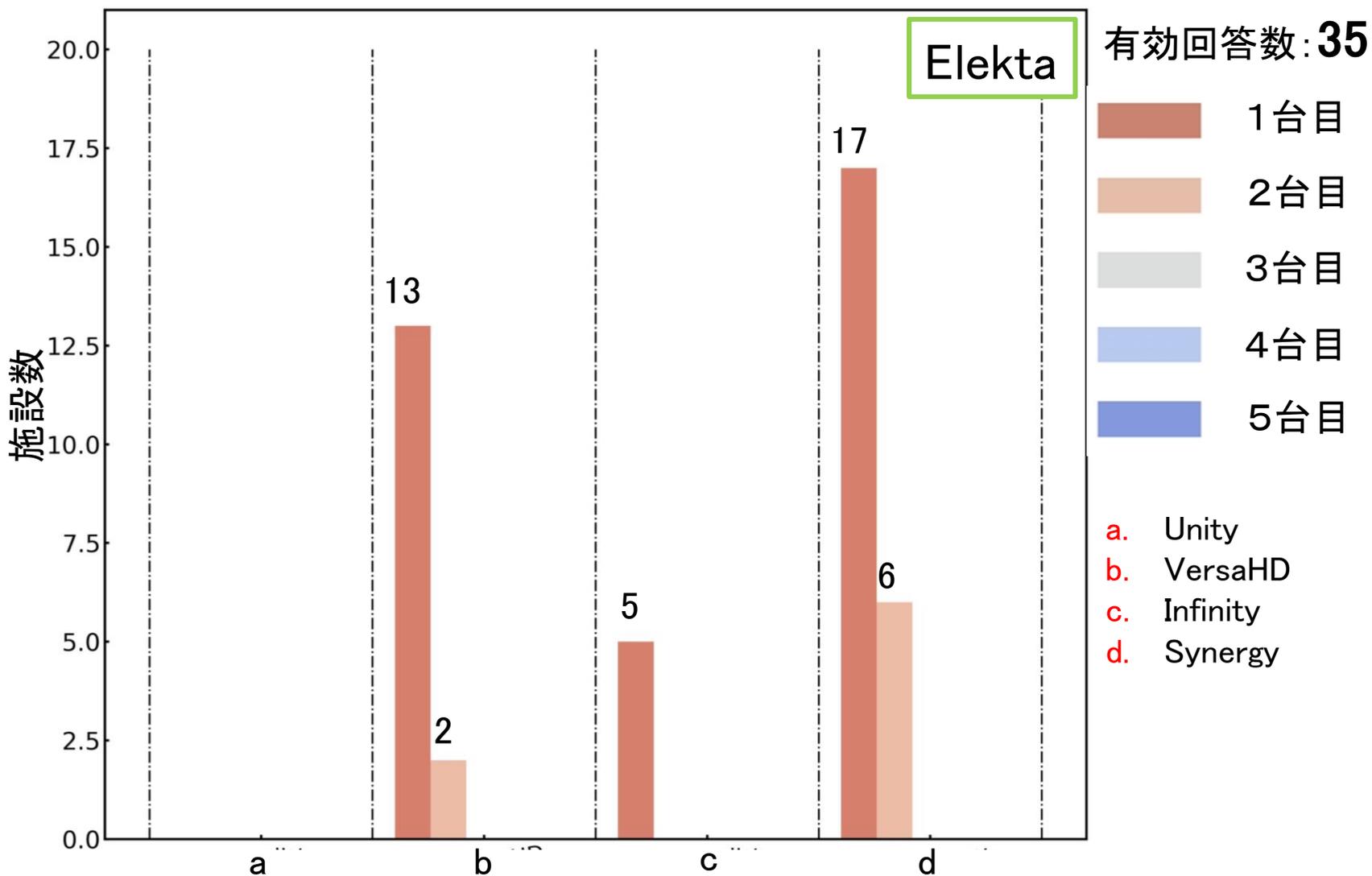
- Q07: IMRTに用いる治療装置
- Q08: 使用している計画装置(台数)
- Q09: IGRT手法
 - 診療請求に利用しているもの

IMRTに用いる治療装置

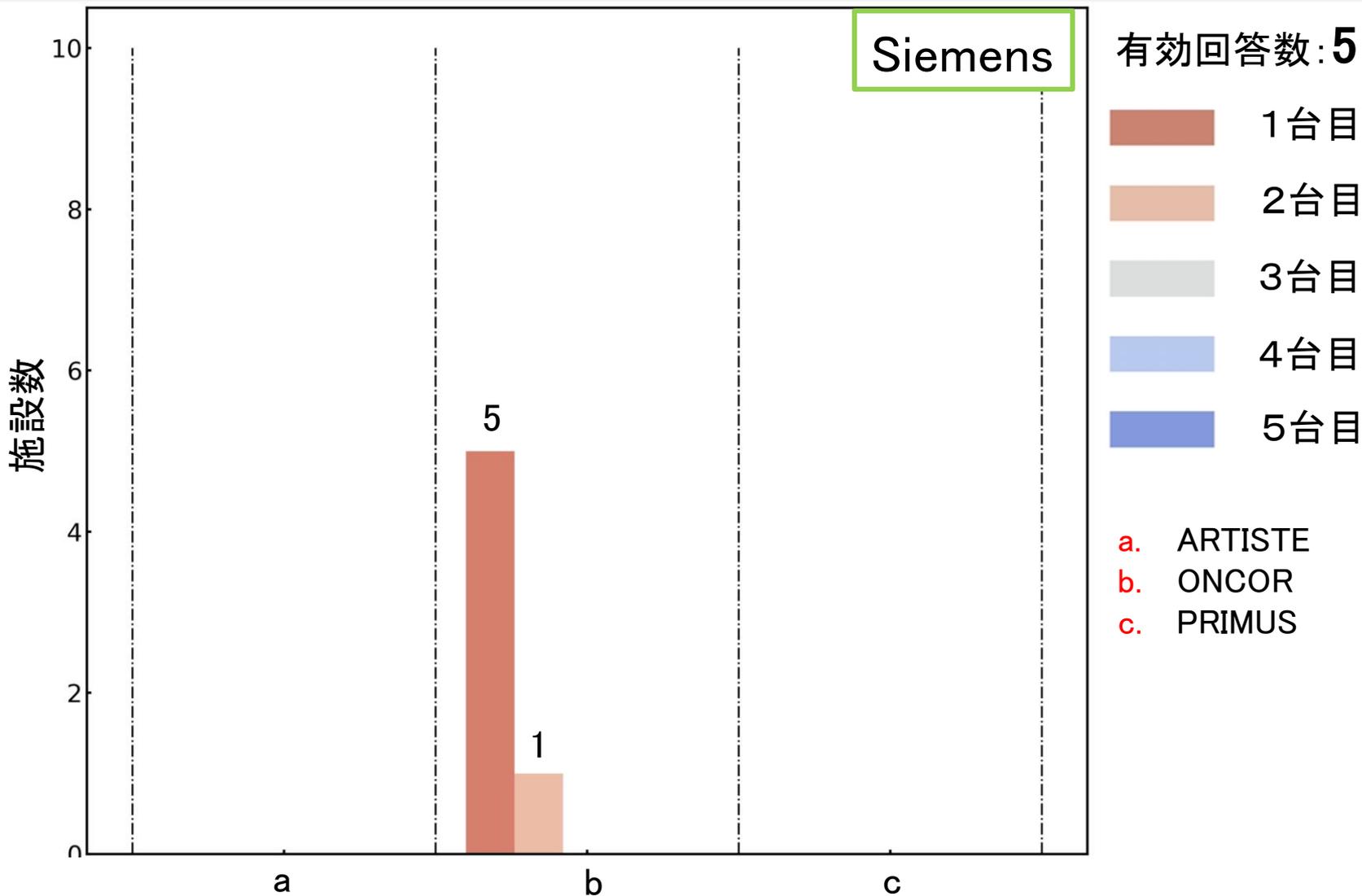


IMRTに用いる治療装置

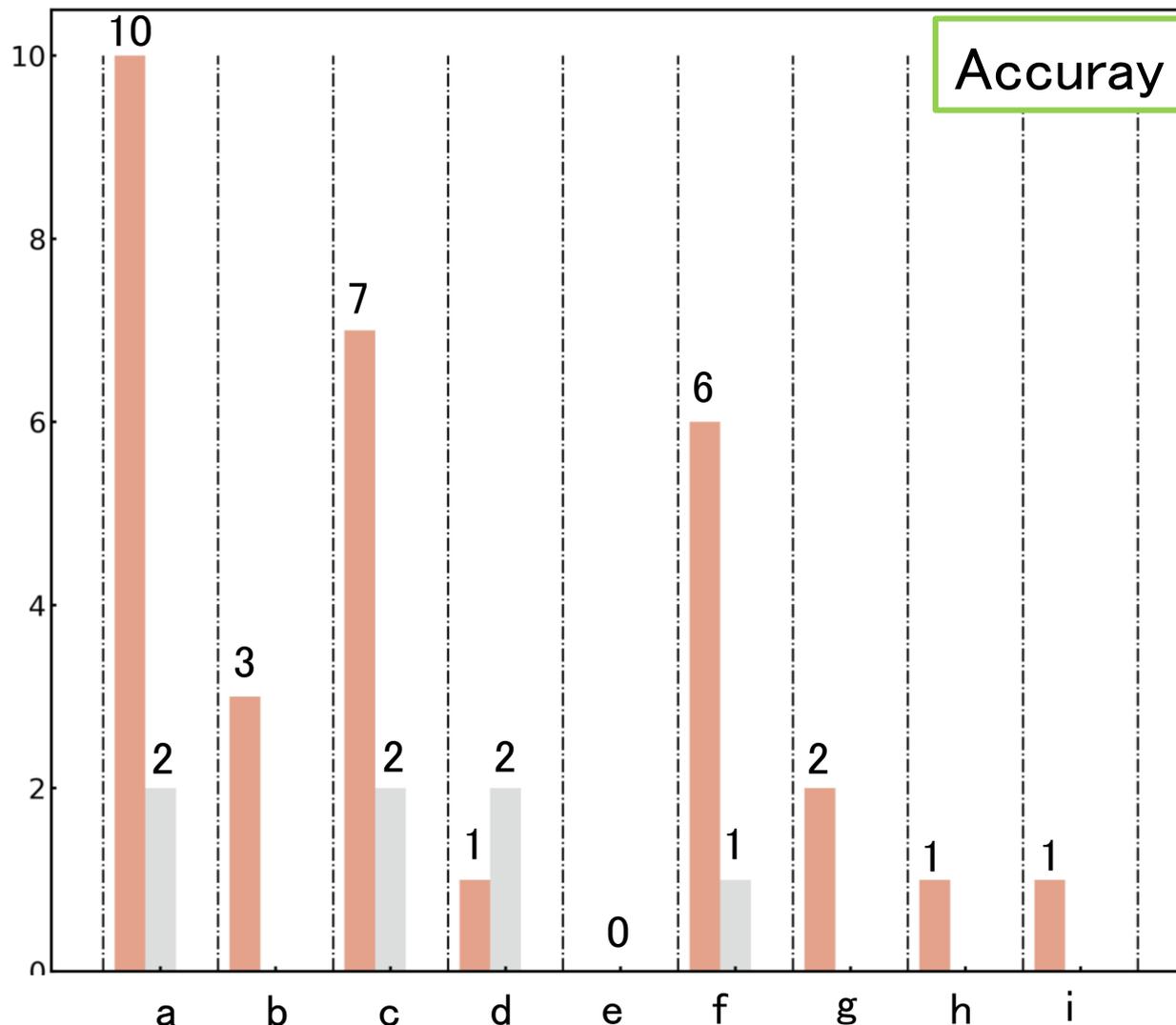
● Q07



IMRTに用いる治療装置



IMRTに用いる治療装置

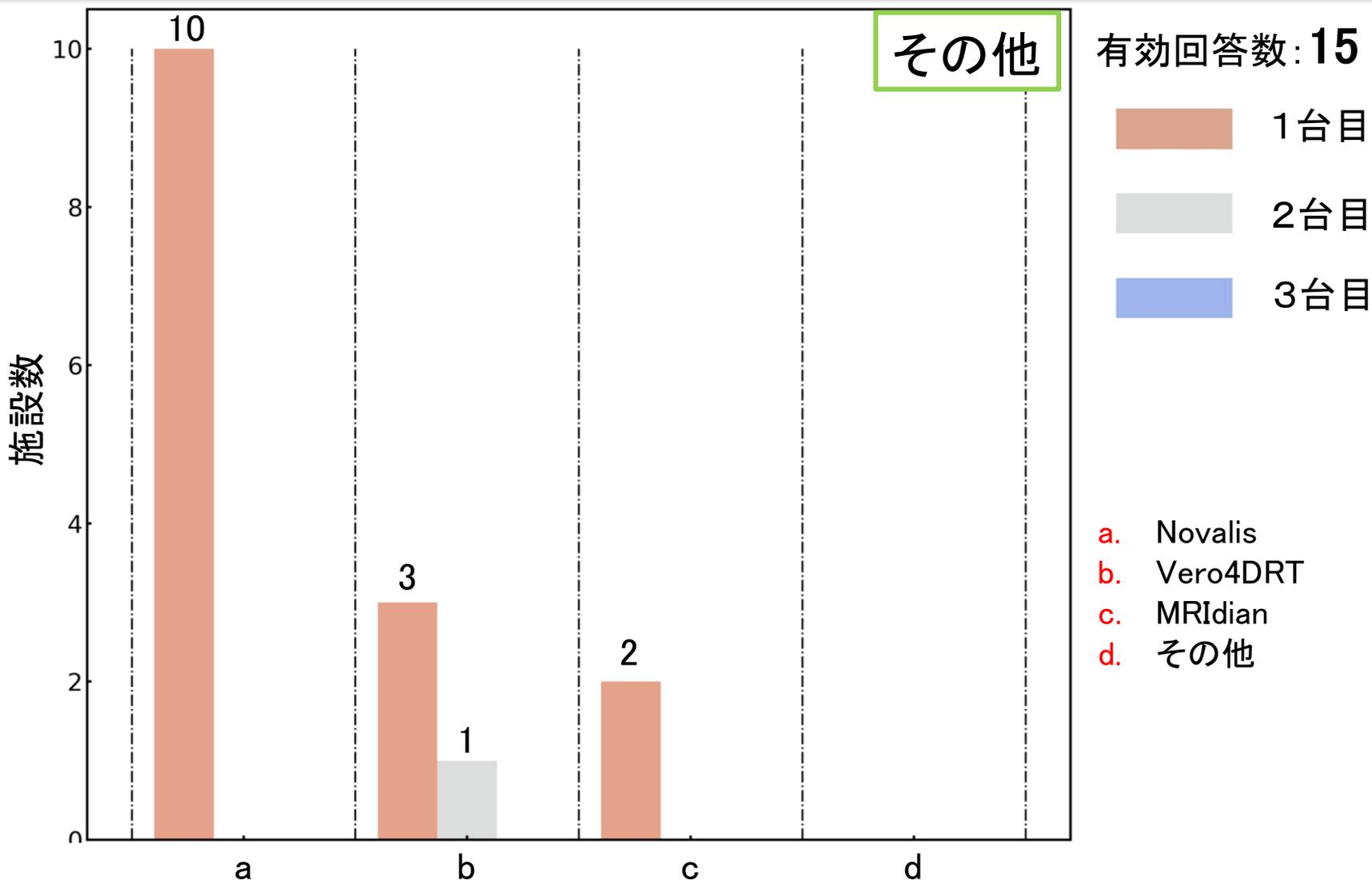


有効回答数: **31**



- a. Radixact
- b. Tomo HDA
- c. Tomo HD
- d. Tomo H
- e. CK S7
- f. CK M6
- g. CK VSI
- h. CK G4
- i. CK G3

IMRTに用いる治療装置



使用している計画装置(台数)

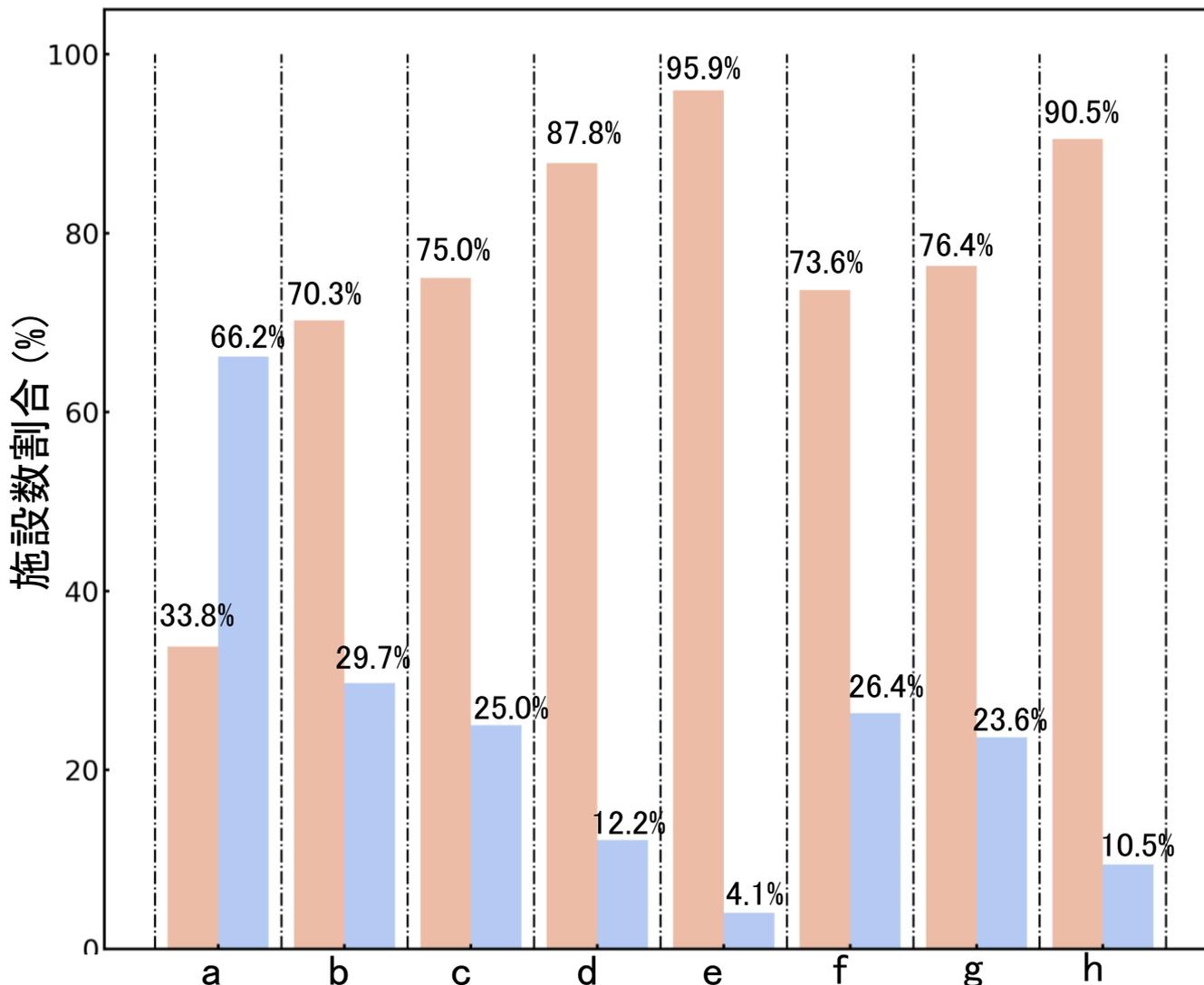
● Q08



有効回答数: 148



- a. Eclipse
- b. Monaco
- c. RayStation
- d. Precision
- e. MultiPlan
- f. iPlan
- g. Pinnacle
- h. XiO



■ その他計画装置: Planning Station (Accuray), Elements (BrainLAB)

使用している計画装置(台数)

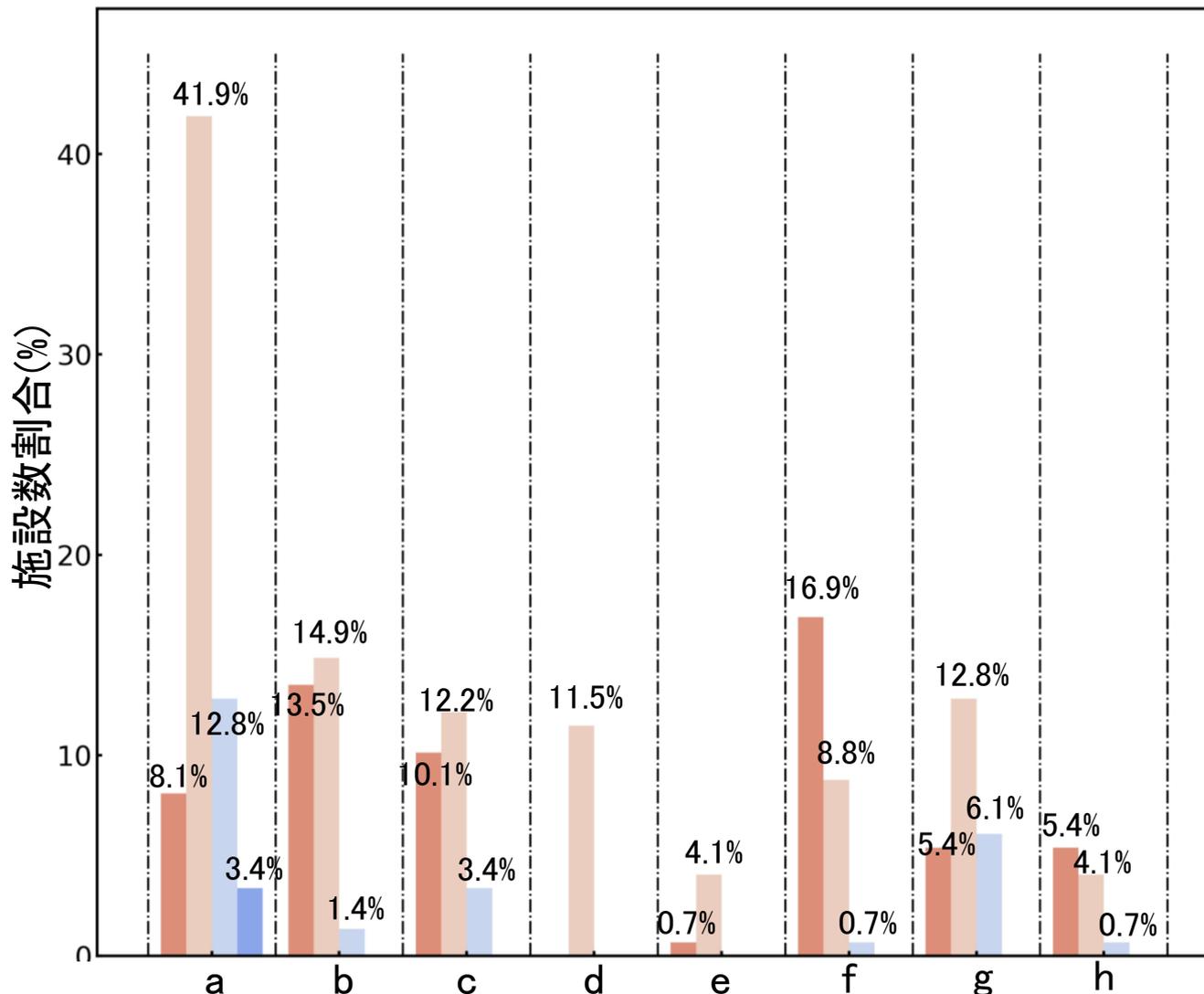


● Q08

有効回答数: **148**



- a. Eclipse
- b. Monaco
- c. RayStation
- d. Precision
- e. MultiPlan
- f. iPlan
- g. Pinnacle
- h. XiO



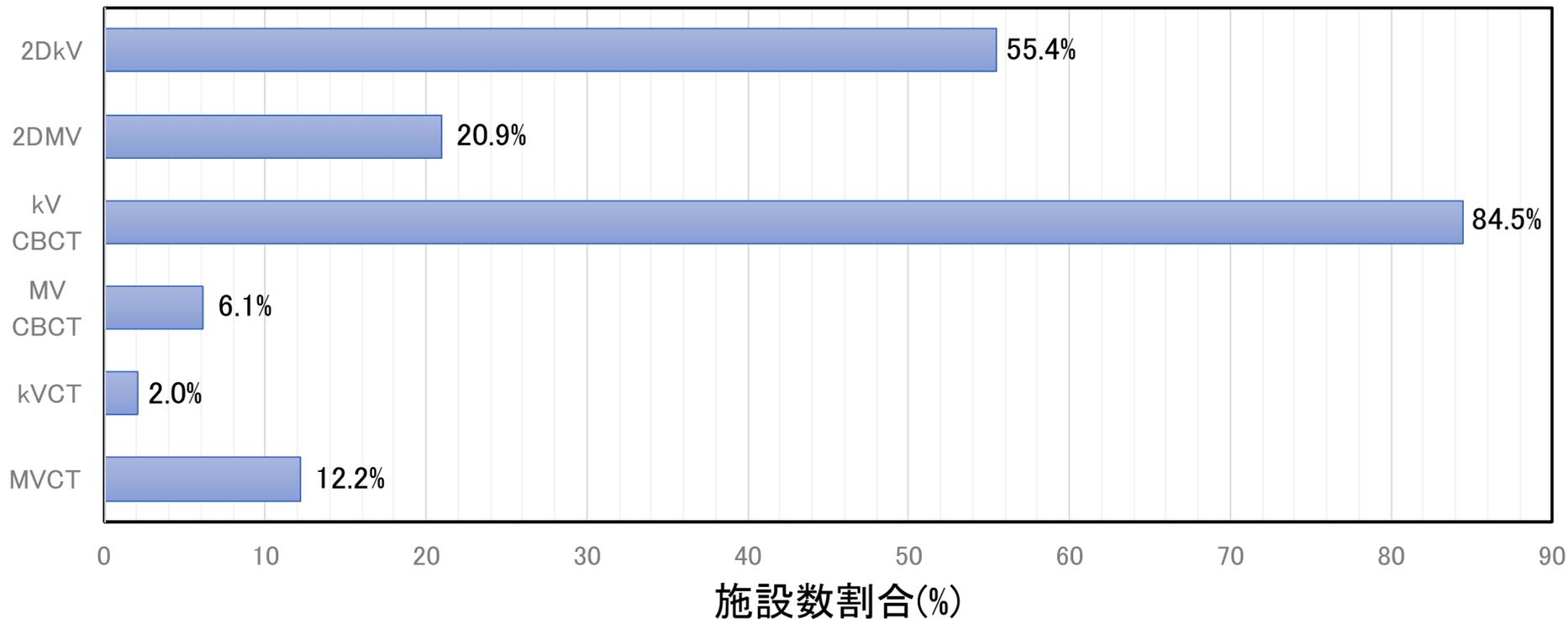
診療請求に利用しているIGRT手法

● Q09



ガントリ取り付け型によるIGRT

有効回答数: **148**



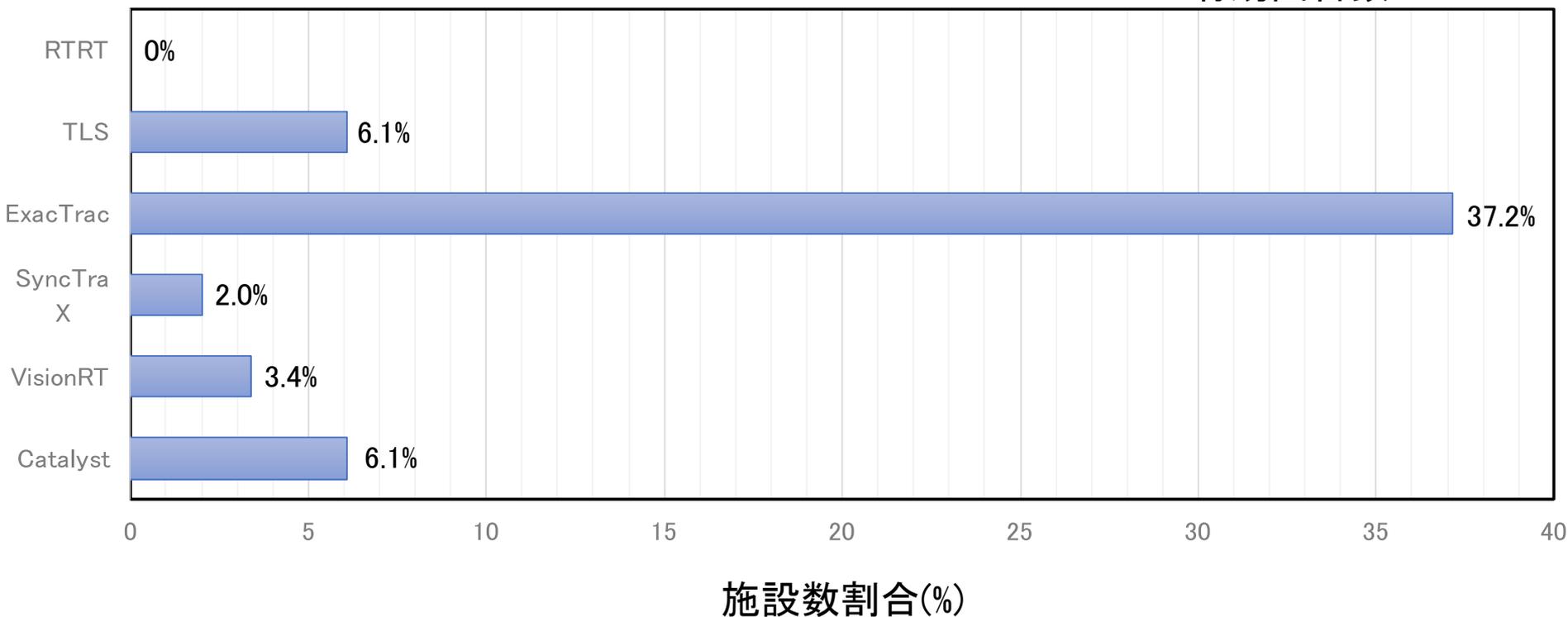
診療請求に利用しているIGRT手法

● Q09



天井床取り付け型によるIGRT

有効回答数: **148**



■ その他IGRT装置: VOXELAN (浜野エンジニアリング) 2.0%

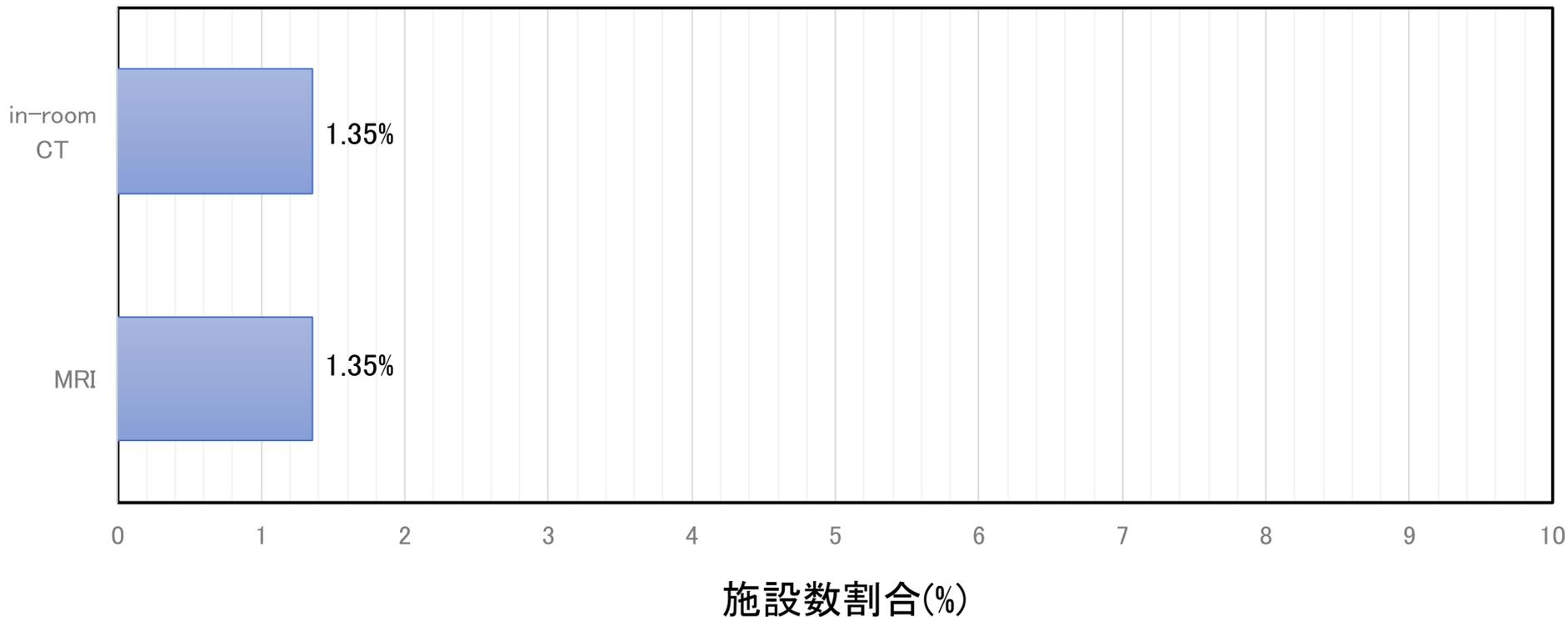
診療請求に利用しているIGRT手法

● Q09



in-room型によるIGRT

有効回答数: **148**



小括2 (IMRTに関する品質管理・臨床状況(装置))



- VARIANの治療機を用いる施設から多数の回答(85施設以上)があった。ELEKTAおよびAccuray(TomoTherapy, CyberKnife)は同数程度の回答(30-35施設)があった。
- Eclipse, Monaco, RayStationなど主力治療計画装置は2-4台程度所有が最も多かった。
- 診療請求に利用しているIGRTとしては, kVCBCTが最多であった。天井取り付け型ではExacTracの導入が目立った。

0. アンケート調査の背景, 目的, 実施状況

1. IMRTに関する臨床状況

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

- Q10: 臨床上最も使用する線量計算アルゴリズム
 - PB相当 or Superposition相当 or Monte Carlo相当
- Q11: 臨床上最も使用するDose specification/reporting
 - 線量の割当先(水評価または物質評価), 最も頻回に利用するもの
- Q12: 臨床上最も使用する線量計算用CT画像のスライス間隔
 - 部位ごとに異なる場合は最も頻回に利用するもの
- Q13: 臨床上最も使用する線量計算グリッドサイズ
 - 部位ごとに異なる場合は最も頻回に利用するもの
- Q14: 角度方向の計算間隔 (gantry spacing resolution)
 - 部位ごとに異なる場合は最も頻回に利用するもの

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

- Q15: 1プランで許容する最大門数(固定多門)
- Q16: 1プランで許容する最大アーク数(VMAT)
- Q17: 部位ごとに臨床上最も使用するビームエネルギー
- Q18: 治療計画承認時の評価基準
 - 日常業務上, 積極的に評価しているもの

臨床上最も使用する線量計算アルゴリズム

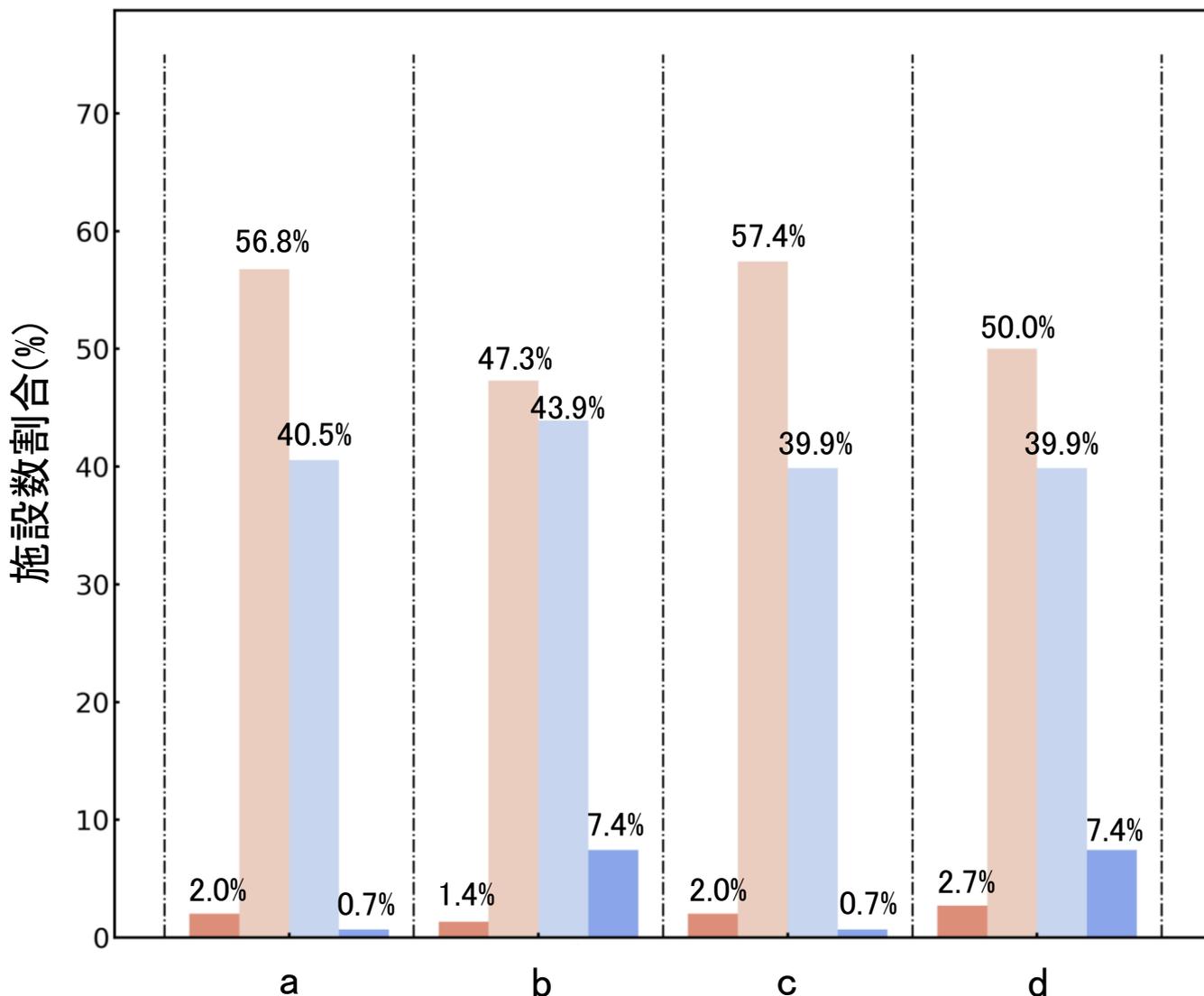


● Q10

有効回答数: 148



- a. 臨床プラン
- b. 臨床プラン(定位)
- c. QAプラン
- d. QAプラン(定位)



臨床上最も使用する線量計算アルゴリズム

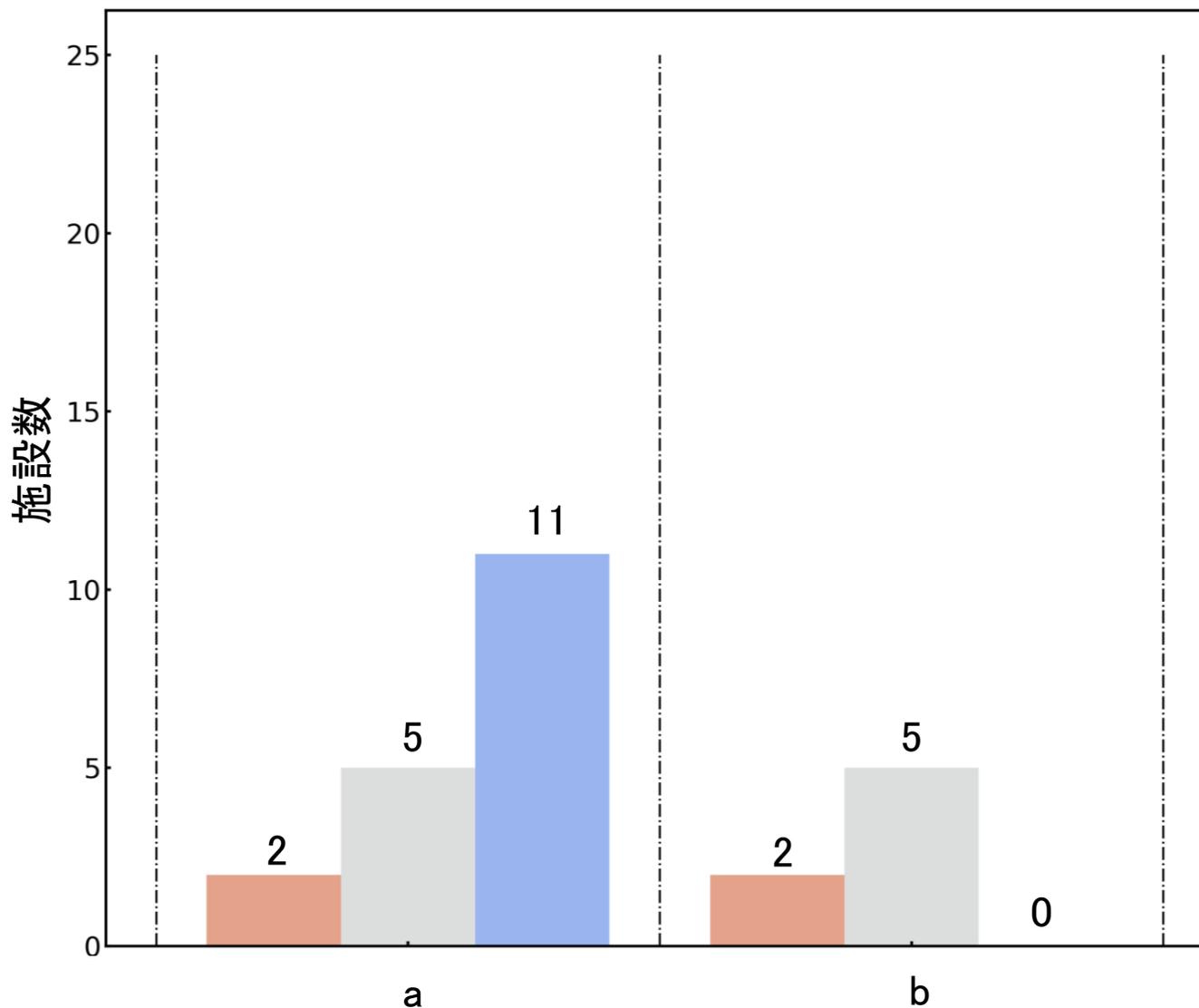
● Q10



有効回答数: **148**



- a. 非定位 → 定位
- b. 臨床プラン → QAプラン



臨床上最も使用する Dose specification/reporting

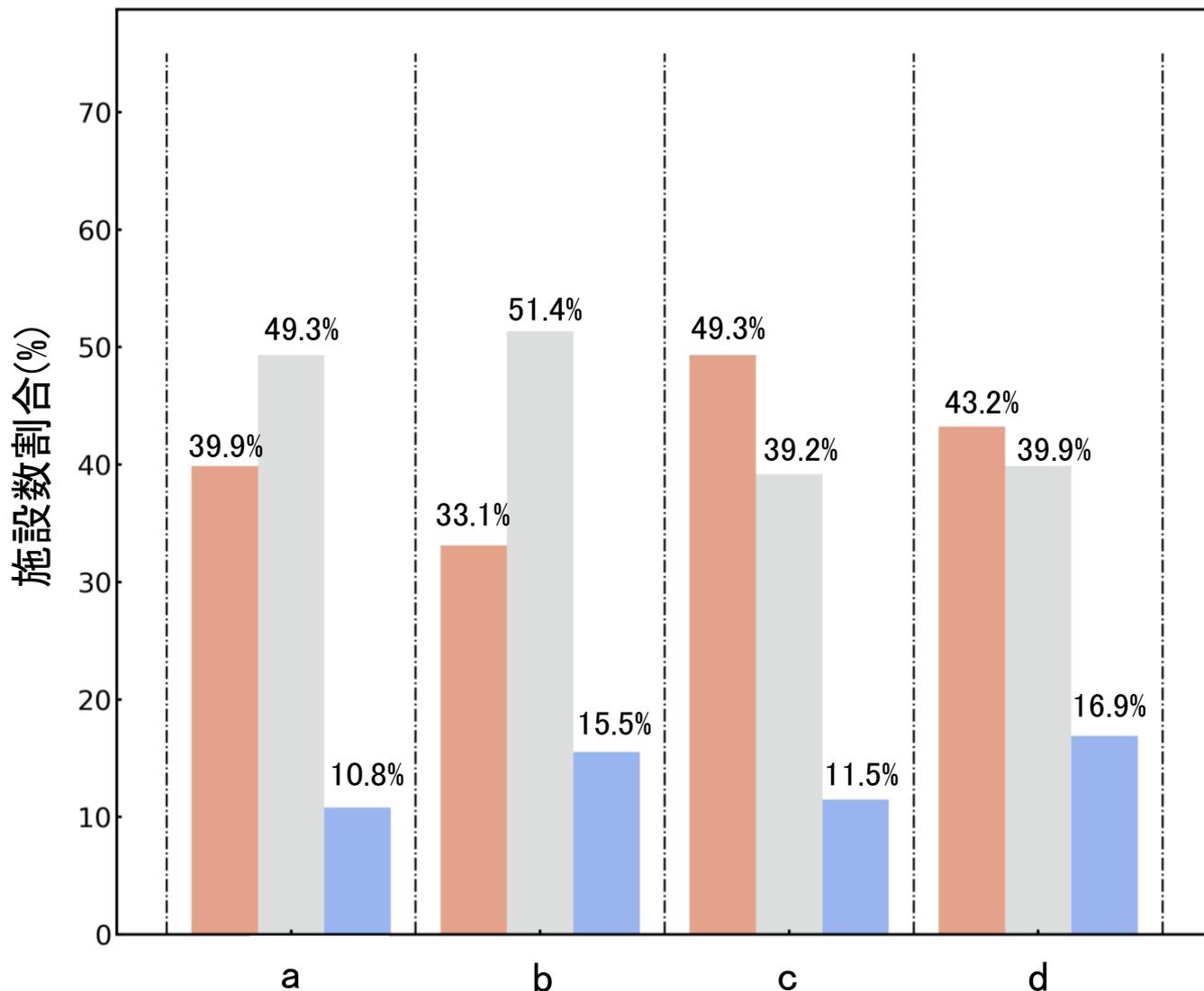


● Q11

有効回答数: **148**



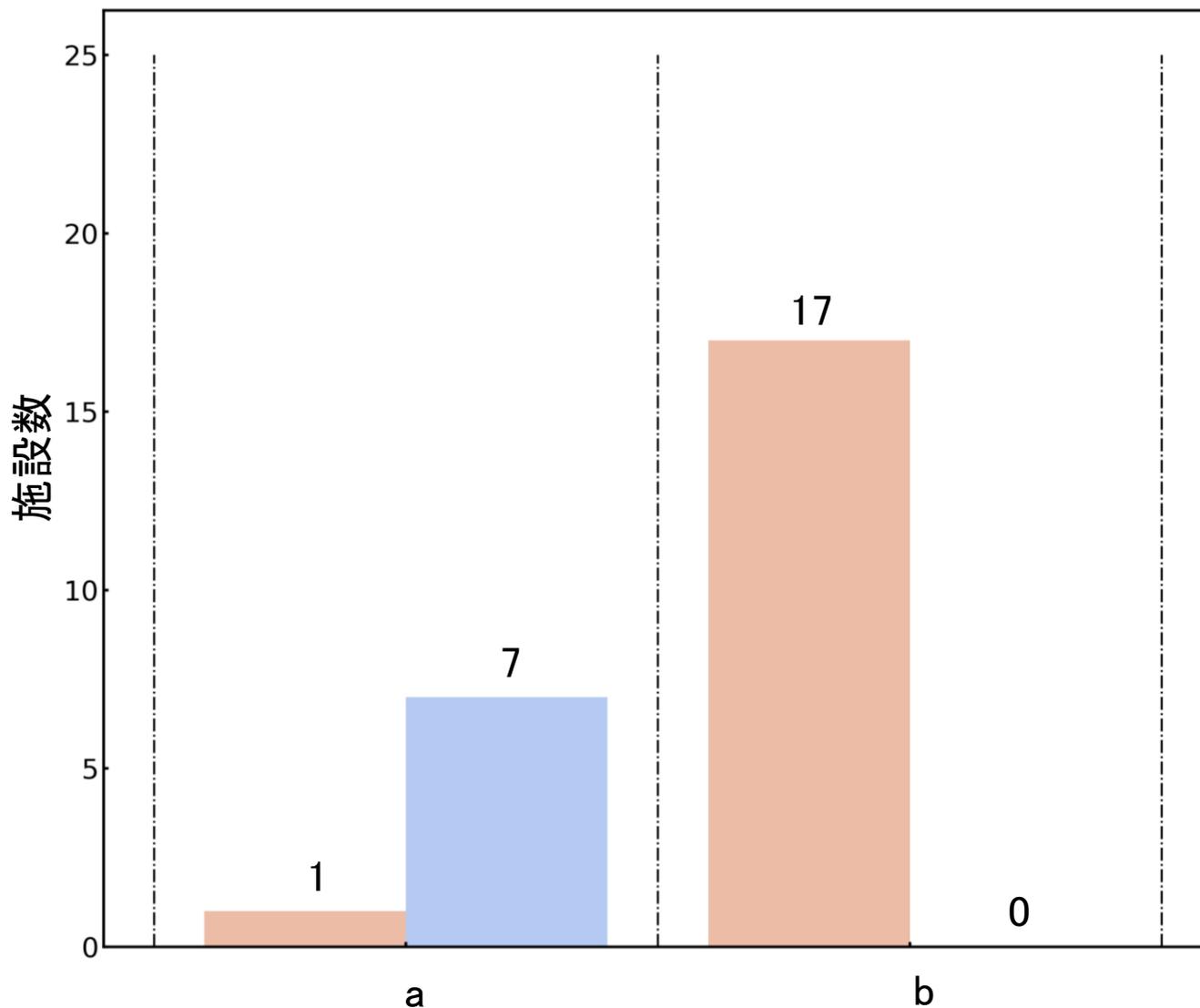
- a. 臨床プラン
- b. 臨床プラン(定位)
- c. QAプラン
- d. QAプラン(定位)



有効回答数: **148**

- DM → DW に変更
- DW → DM に変更

- a. 非定位 → 定位
- b. 臨床プラン → QAプラン

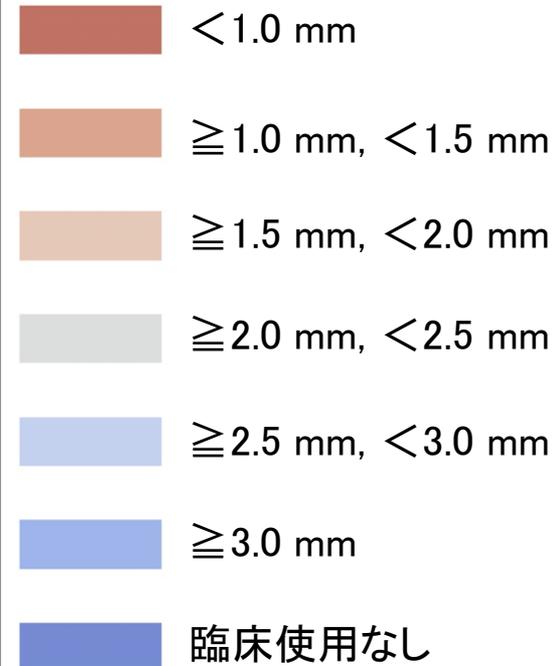


临床上最も使用する線量計算用CT画像のスライス間隔

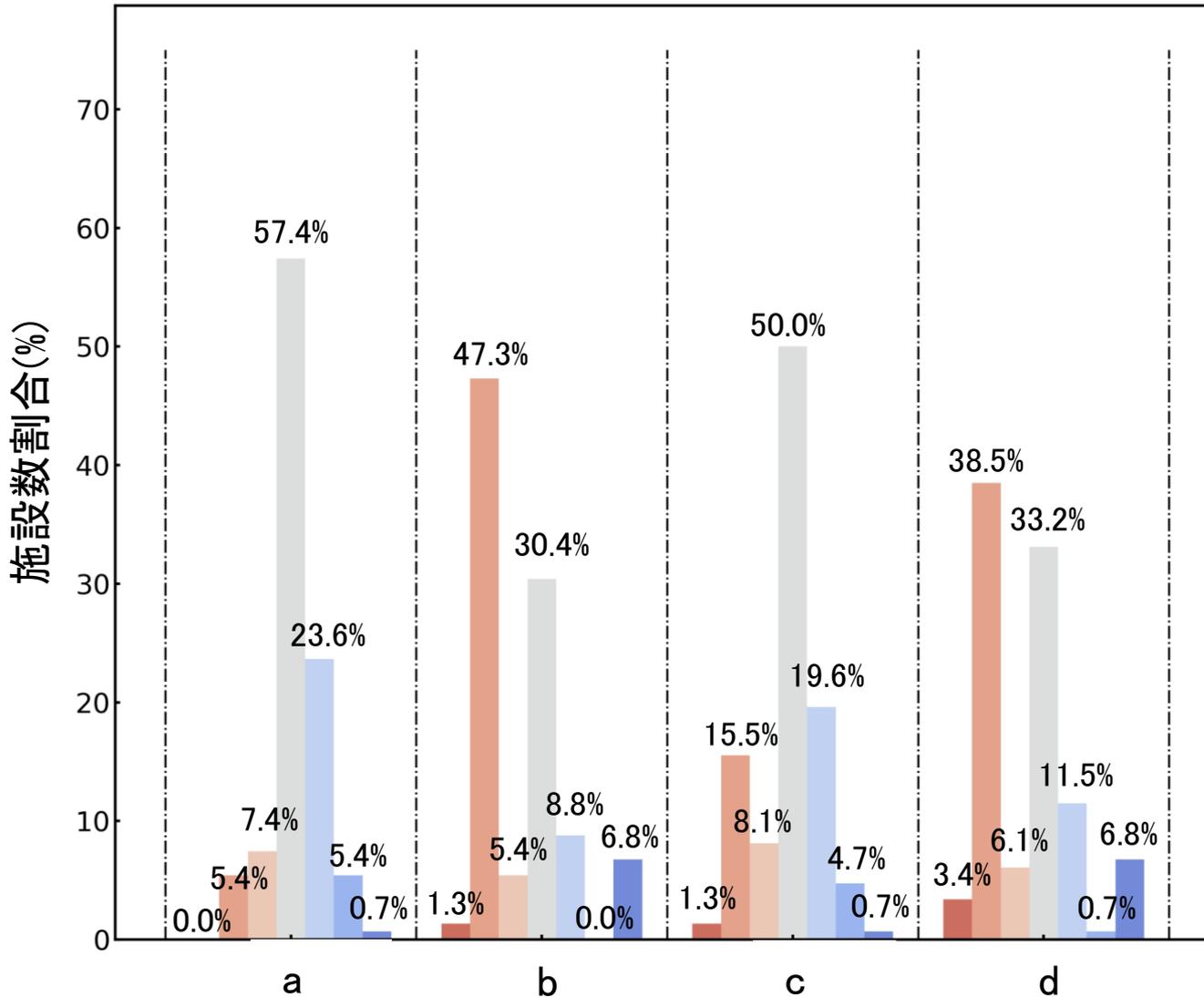


● Q12

有効回答数: **148**



- a. 臨床プラン
- b. 臨床プラン(定位)
- c. QAプラン
- d. QAプラン(定位)

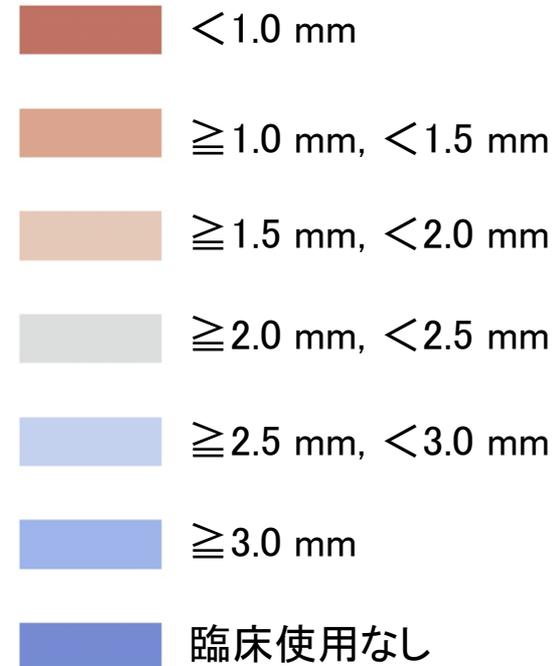


臨床上最も使用する線量計算用グリッドサイズ

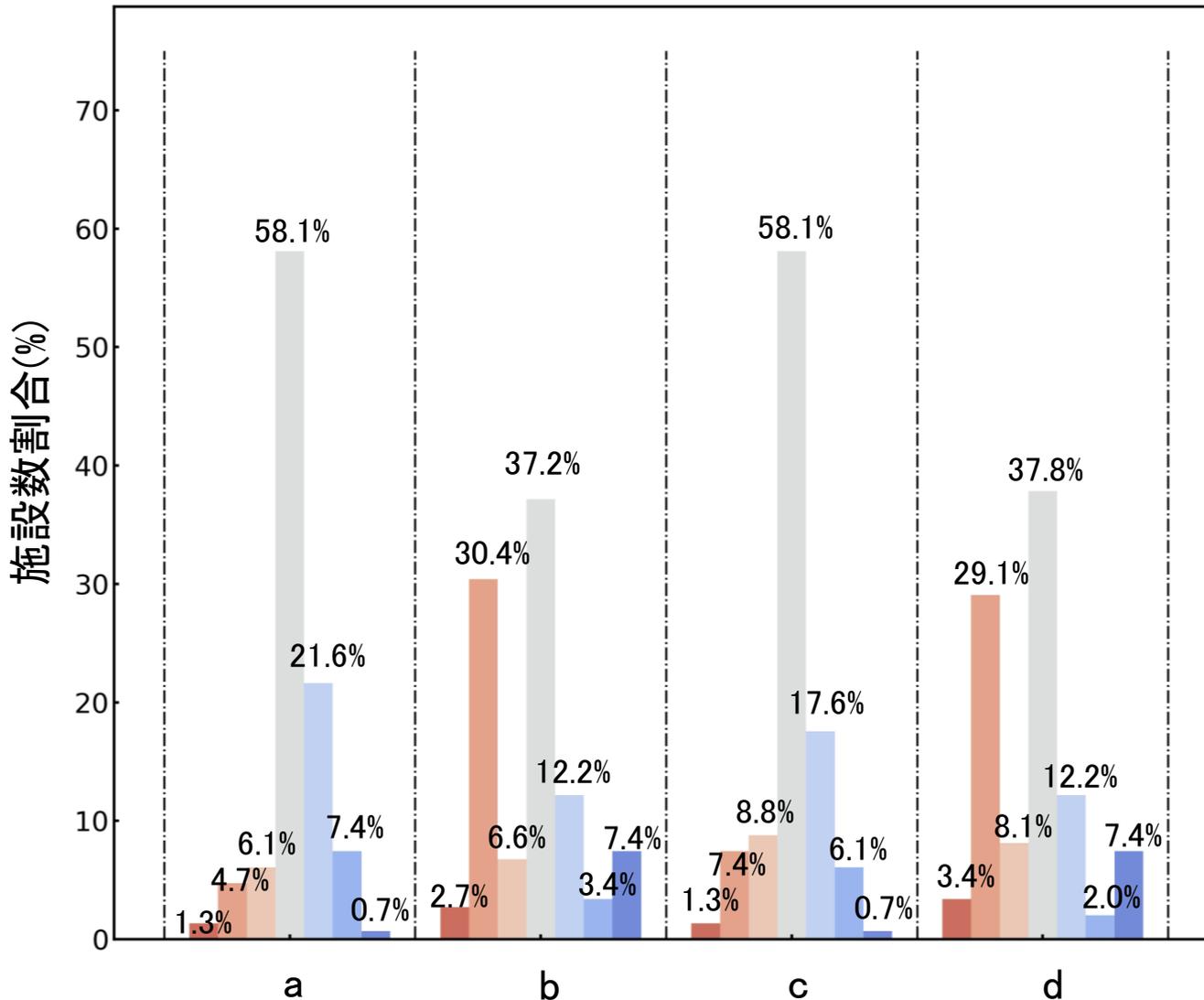


● Q13

有効回答数: **148**



- a. 臨床プラン
- b. 臨床プラン(定位)
- c. QAプラン
- d. QAプラン(定位)

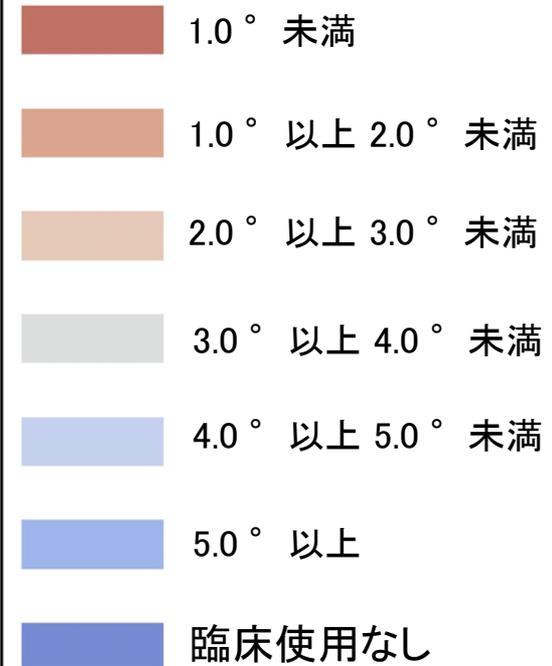


角度方向の計算間隔 (gantry spacing resolution)

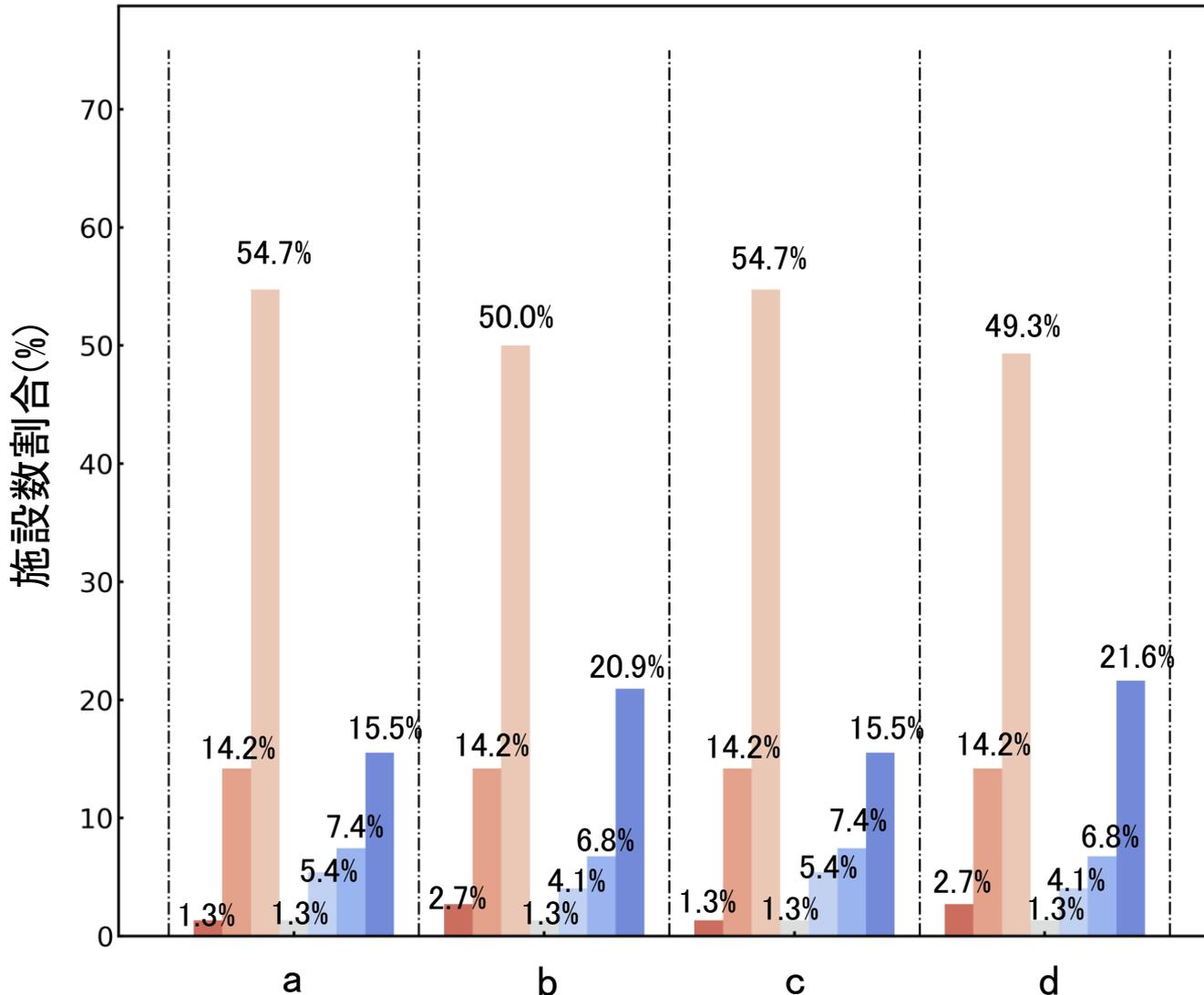
● Q14



有効回答数: **148**



- a. 臨床プラン
- b. 臨床プラン(定位)
- c. QAプラン
- d. QAプラン(定位)

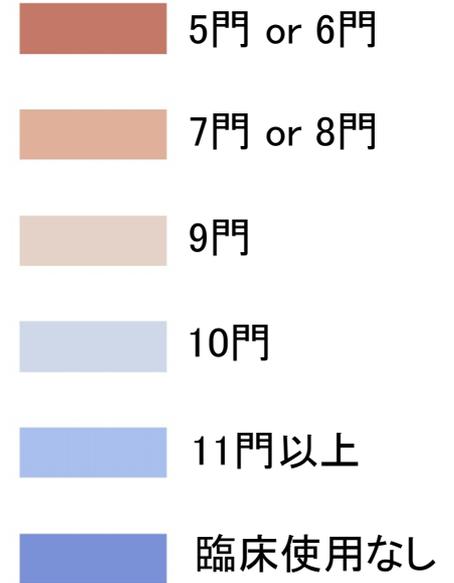


1プランで許容する最大門数(固定多門)

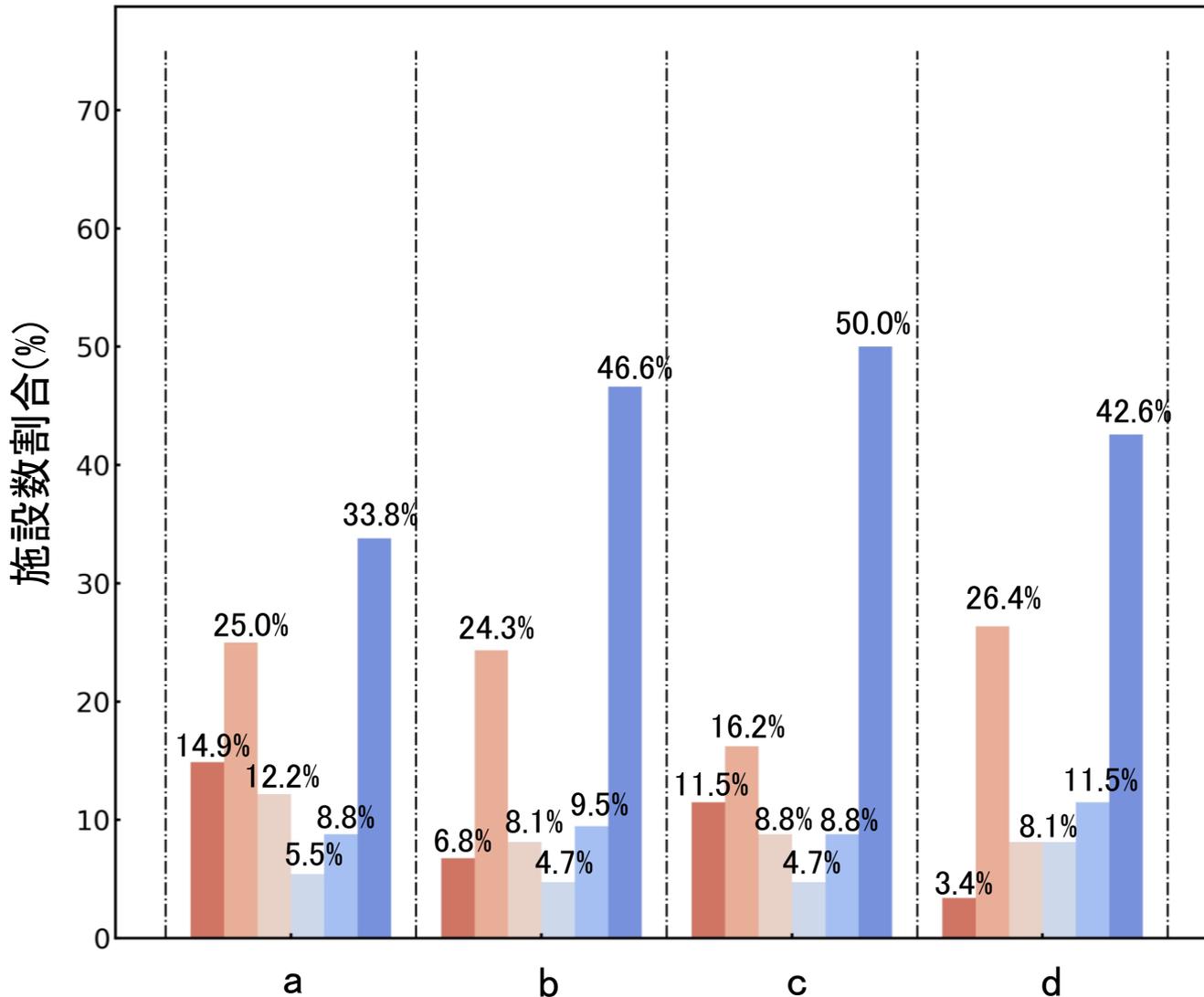


● Q15

有効回答数: **148**



- a. coplanar
- b. coplanar(定位)
- c. non-coplanar
- d. non-coplanar(定位)



1プランで許容する最大アーク数 (VMAT, Arc)

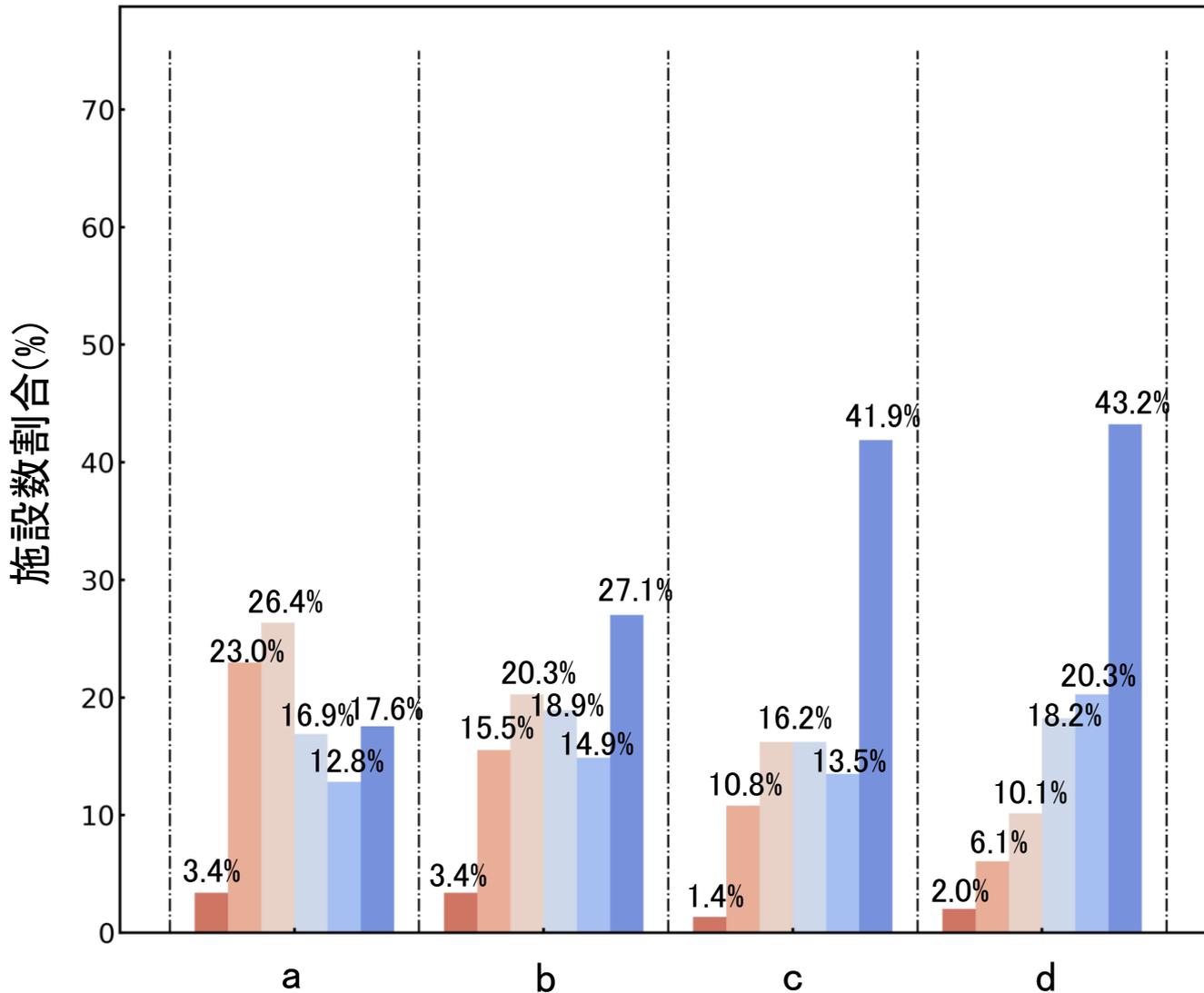
● Q16



有効回答数: **148**



- a. coplanar
- b. coplanar (定位)
- c. non-coplanar
- d. non-coplanar (定位)



部位ごとに臨床上最も使用するビームエネルギー

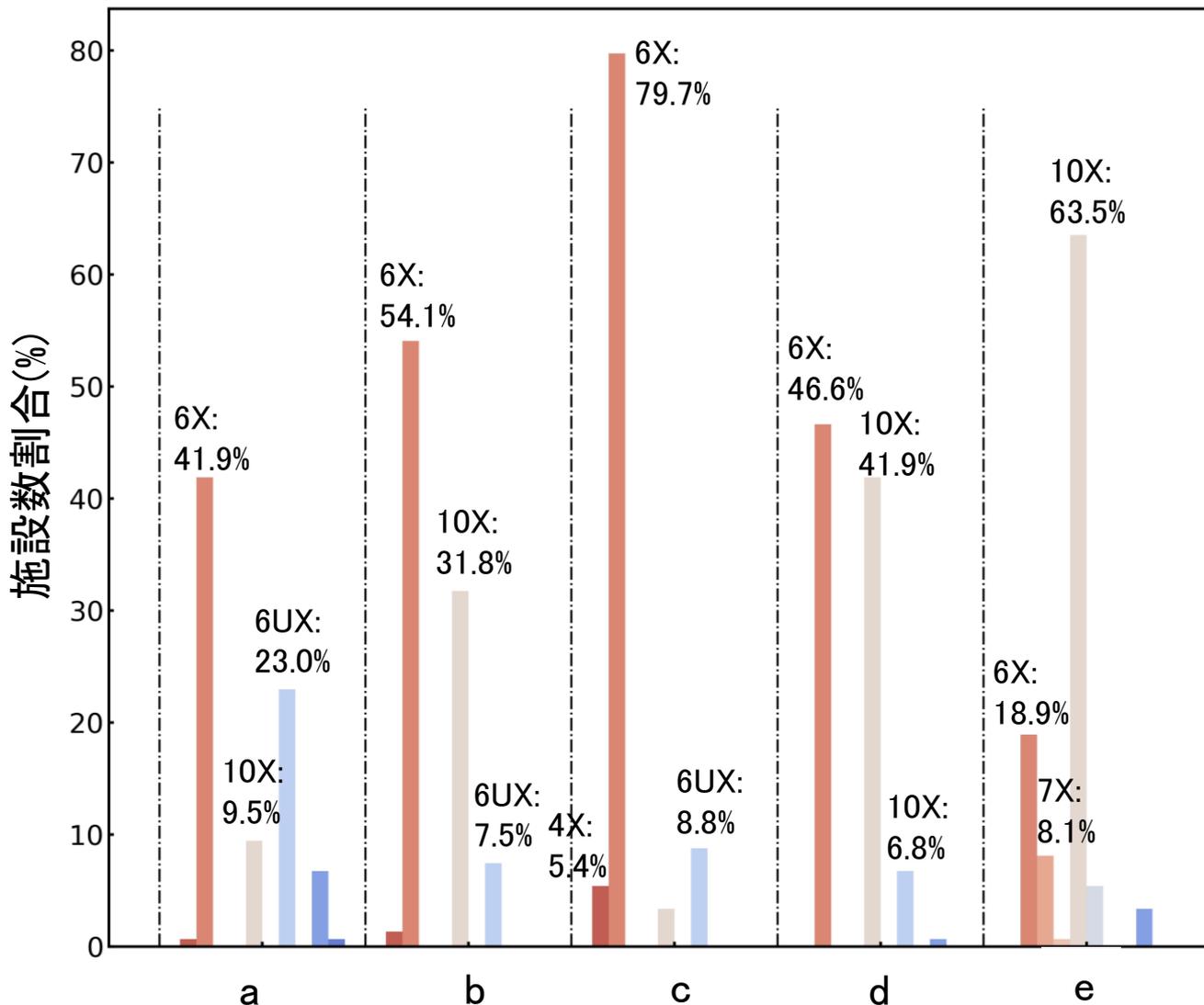
● Q17



有効回答数: **148**



- a. 脳定位
- b. 脳IMRT
- c. 頭頸部
- d. 縦隔部 (食道etc)
- e. 骨盤部 (前立腺, 子宮)



部位ごとに臨床上最も使用するビームエネルギー

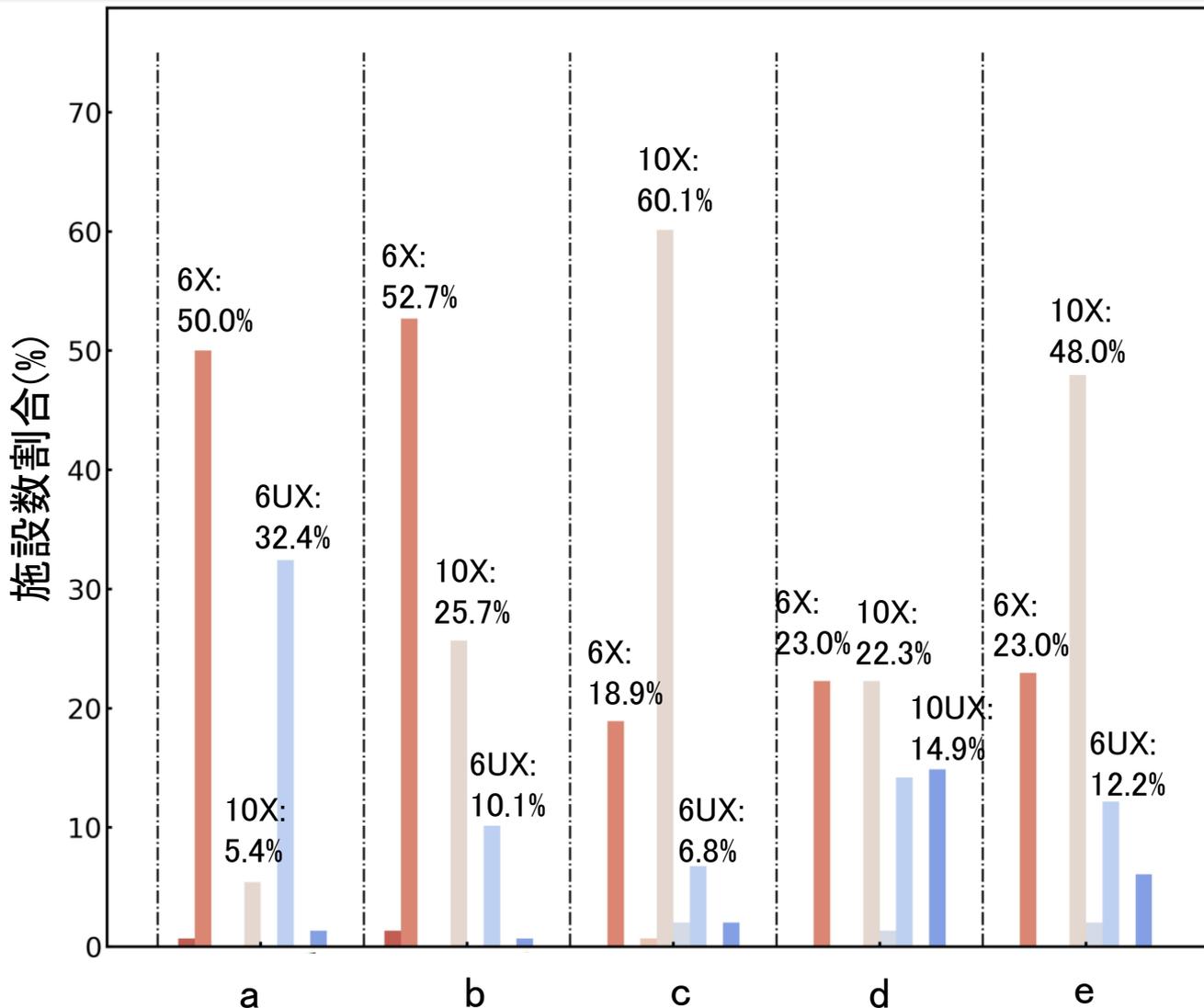
● Q17



有効回答数: 148



- a. 肺定位
- b. 肺IMRT
- c. 腹部(膵臓etc)
- d. 肝定位
- e. 椎体



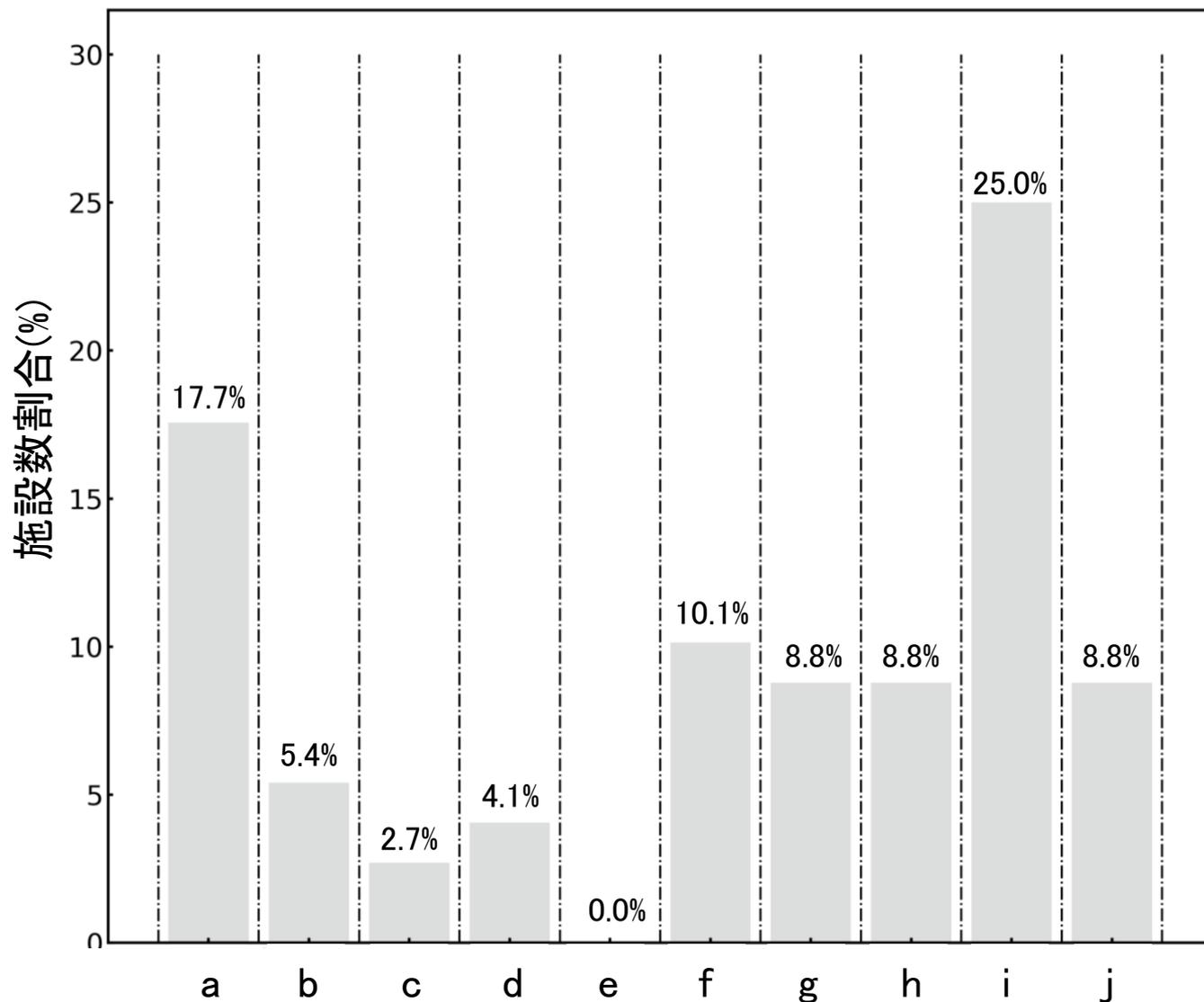
部位別臨床未稼働率



● Q18

有効回答数: 148

■ 臨床使用なし



- a. 脳定位
- b. 脳IMRT
- c. 頭頸部
- d. 縦隔部(食道etc)
- e. 骨盤部(前立腺, 子宮)
- f. 肺定位
- g. 肺IMRT
- h. 腹部(膵臓etc)
- i. 肝定位
- j. 椎体

小括3 (IMRTに関する品質管理・臨床状況(計画))



- 線量計算アルゴリズムは非定位/定位においても、Superposition相当を用いる施設が目立った。
また多くの施設で物質線量(dose-to-medium)で評価していた。
- 線量計算用のグリッドサイズとして、非定位/定位では2mm-2.5mmが最も選択されているが、定位では1mm-1.5mmの選択も目立った。
- 門数は7-8門，角度間隔は2-3°，最大アーク数は3アークが最も選択されている。

小括3 (IMRTに関する品質管理・臨床状況(計画))



- 6Xが多く選択された症例では, 脳(定位/非定位), 頭頸部, 重各部, 肝定位, 肺(定位/非定位)であった.
- 10Xが多く選択された症例では, 骨盤部(前立腺, 子宮), 腹部(膵臓等), 椎体であった.
- IMRT実施回答した全ての施設で骨盤部(前立腺, 子宮)について施行されていた.

0. アンケート調査の背景, 目的, 実施状況

1. IMRTに関する臨床状況

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

- Q19: 関心点における吸収線量測定に最も使用する検出器
- Q20: 線量分布測定に最も使用する検出器
 - 「線量分布」はファントム内の減弱や散乱を考慮し最終線量計算に近いもの
- Q21: フルエンス評価に最も使用する検出器
 - 「フルエンス」はファントム内の散乱を仮定せず、強度分布を測定するもの
- Q22: 最も使用する測定手法 (AAPM-TG218)
- Q23: ソフトウェアを用いて患者体内予測線量を検証上考慮するか
- Q24: 患者体内予測線量に用いるソフトウェア

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

- Q25: 吸収線量測定時の関心点
- Q26: 関心点吸収線量の治療計画装置上での算出法
- Q27: 関心点吸収線量測定時, 治療計画装置上で線量計算に最も使用するQAファントム
 - スラブファントム, 多目的線量測定用ファントムについて
- Q28: 上記QAファントムもしくは他検出器において完全水等価でないことを補正する手法
 - CT値割り当て, 物質組成または物質密度の割り当てについて
- Q29: 線量計算上, 臨床プランで考慮され, QAプランでも考慮するもの
 - 治療寝台, 固定具, 補助具について
- Q30: QA機器設置時における位置合わせの手法

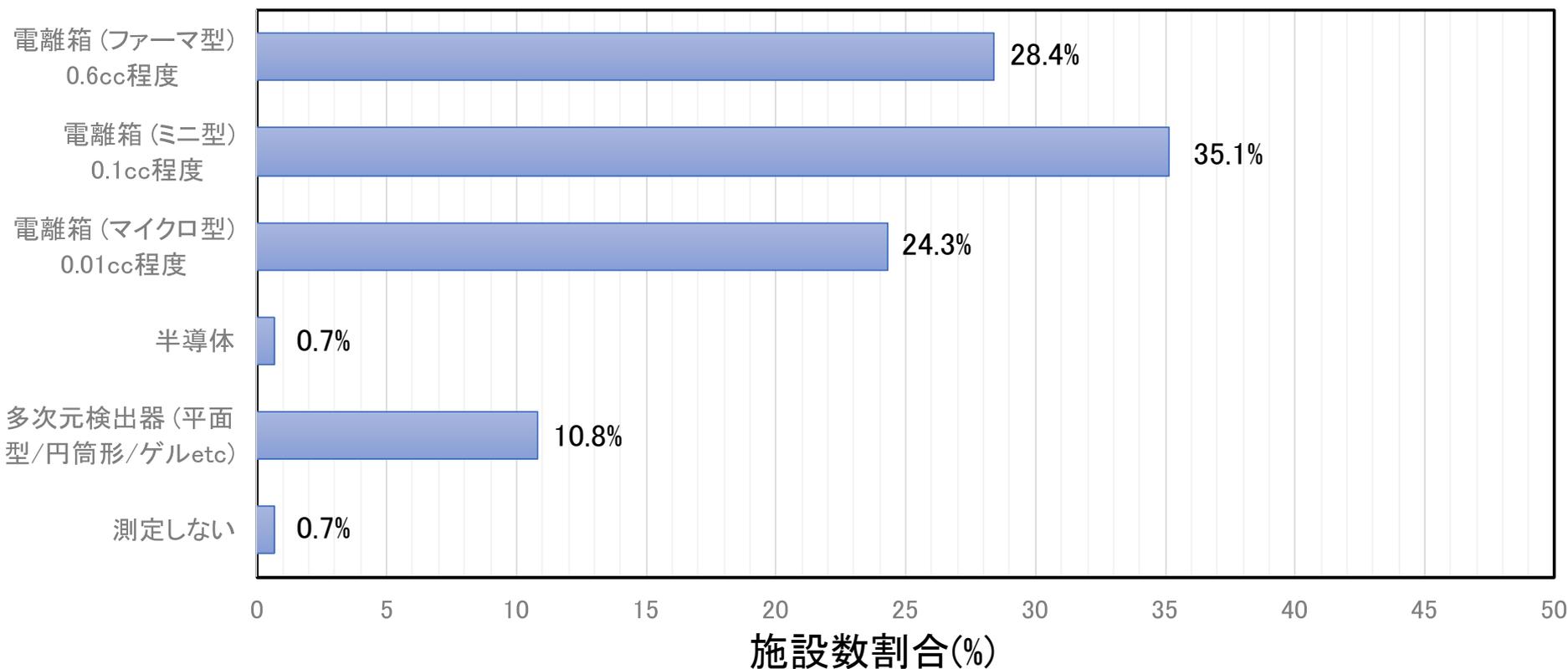
関心点における吸収線量測定に最も用いる検出器



● Q19

関心点吸収線量測定に最も使用する検出器

有効回答数: 148



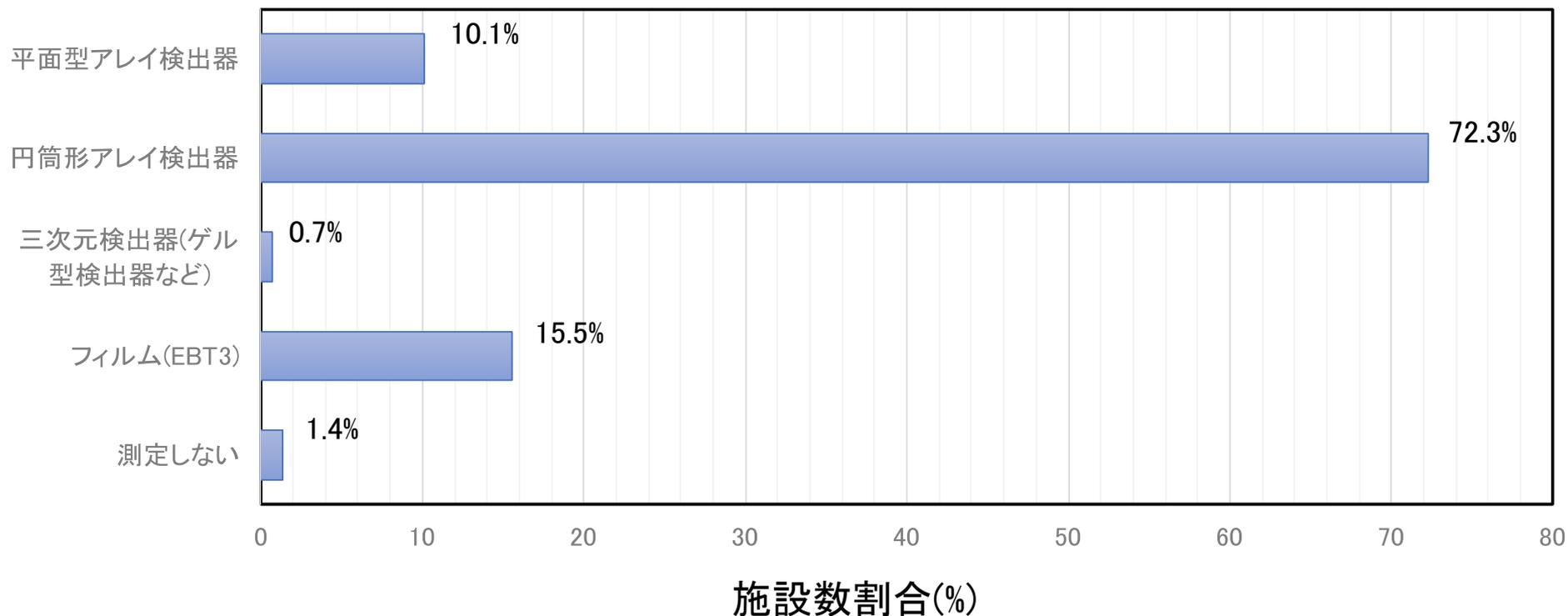
線量分布測定に最も使用する検出器



● Q20

線量分布測定測定に最も使用する検出器

有効回答数: **148**



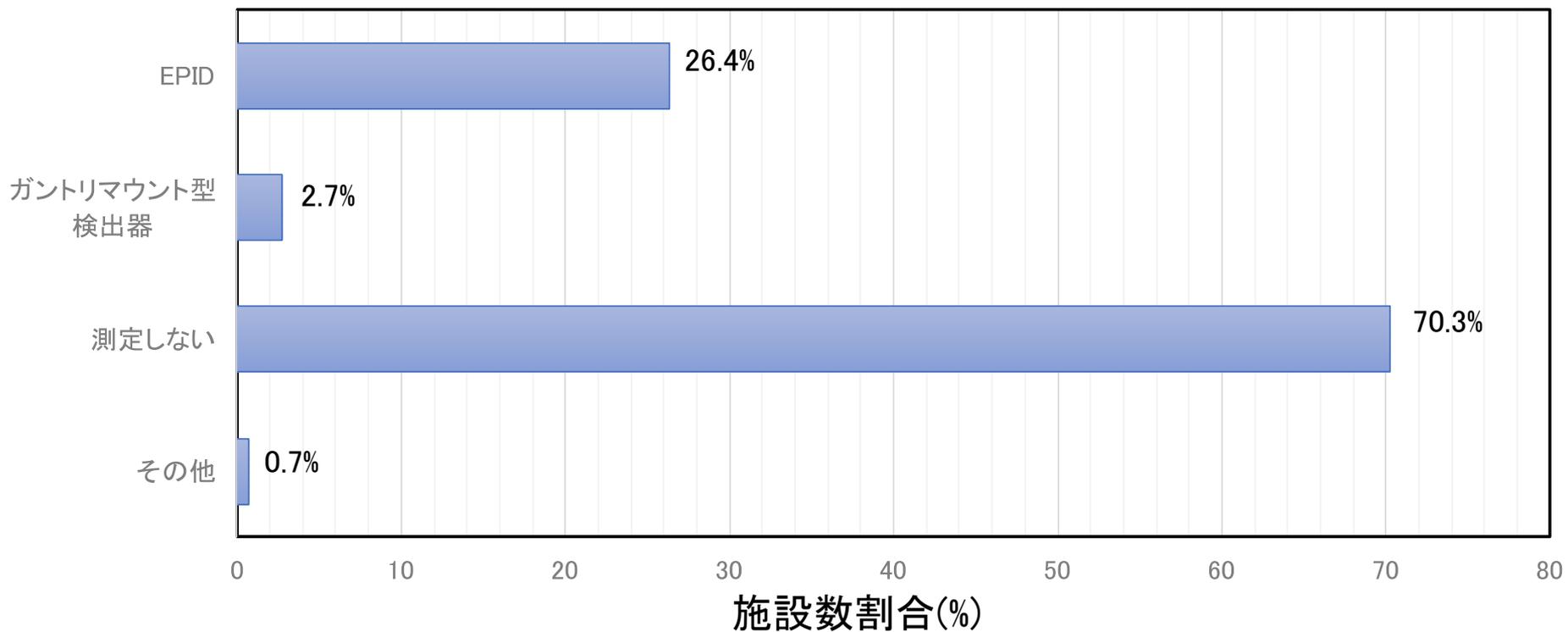
フルエンス評価に最も使用する検出器



● Q21

フルエンス測定に最も使用する検出器

有効回答数: **148**



■ その他: Delivery Analysis (xenon detector) (Accuray)

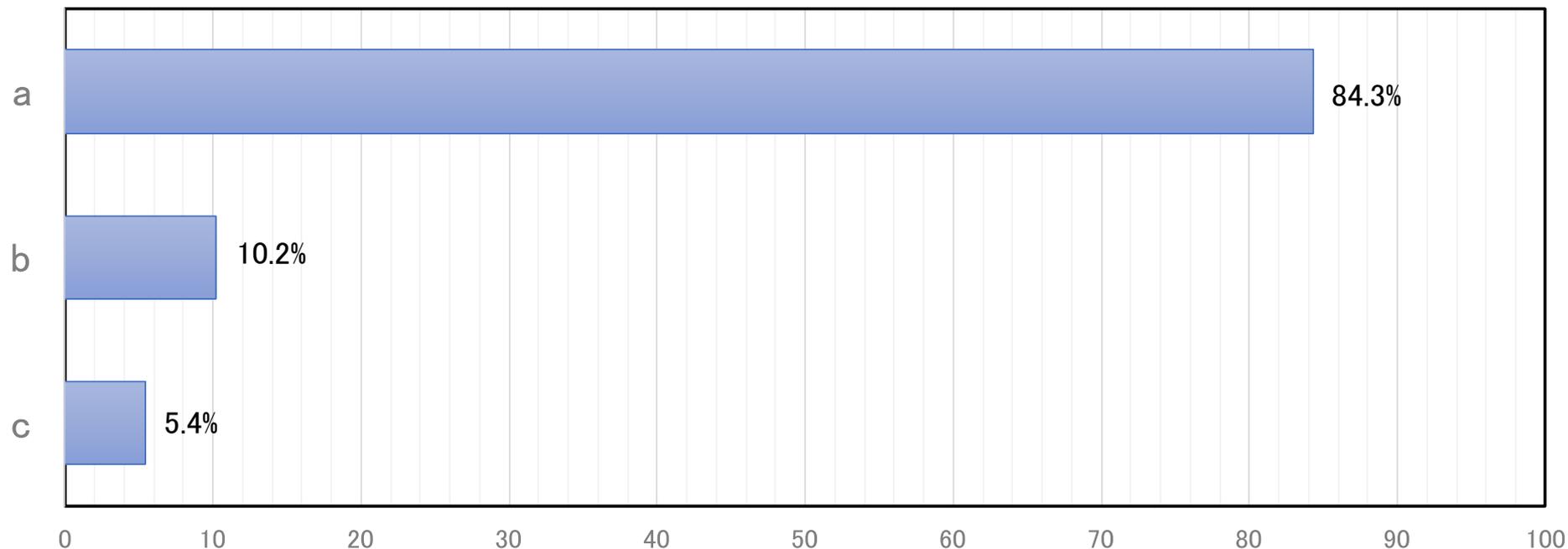
最も使用する測定手法(AAPM TG218)



● Q22

最も使用する測定手法 (AAPM-TG218)

有効回答数: **147**



施設数割合(%)

- | | |
|--|-------------|
| a. True Composite (TC): | 複合的な全門合算線量 |
| b. Perpendicular Composite (PC): | 検出器面の全門合算線量 |
| c. Perpendicular Field-by-Field (PFF): | 検出器面の各門線量 |

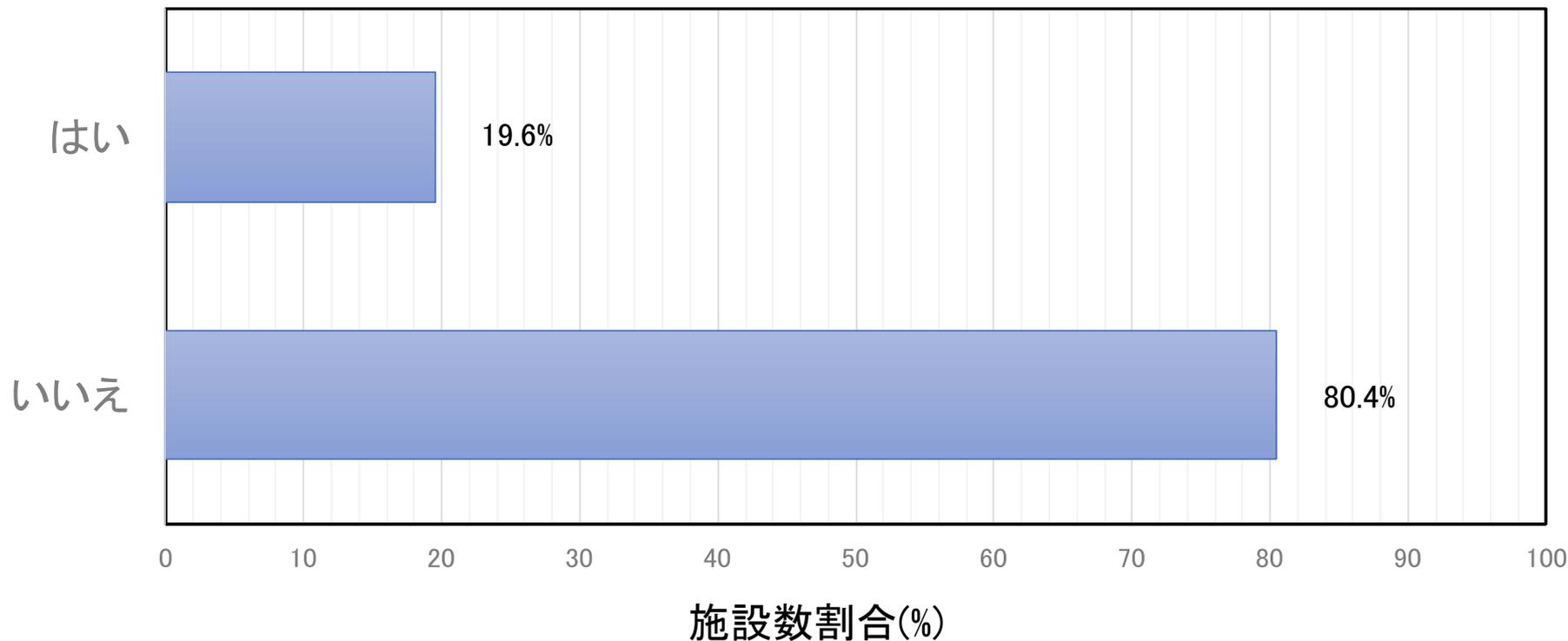
ソフトウェアを用いて患者体内予測線量を検証上考慮するか



● Q23

最も使用する測定手法 (AAPM-TG218)

有効回答数: **148**



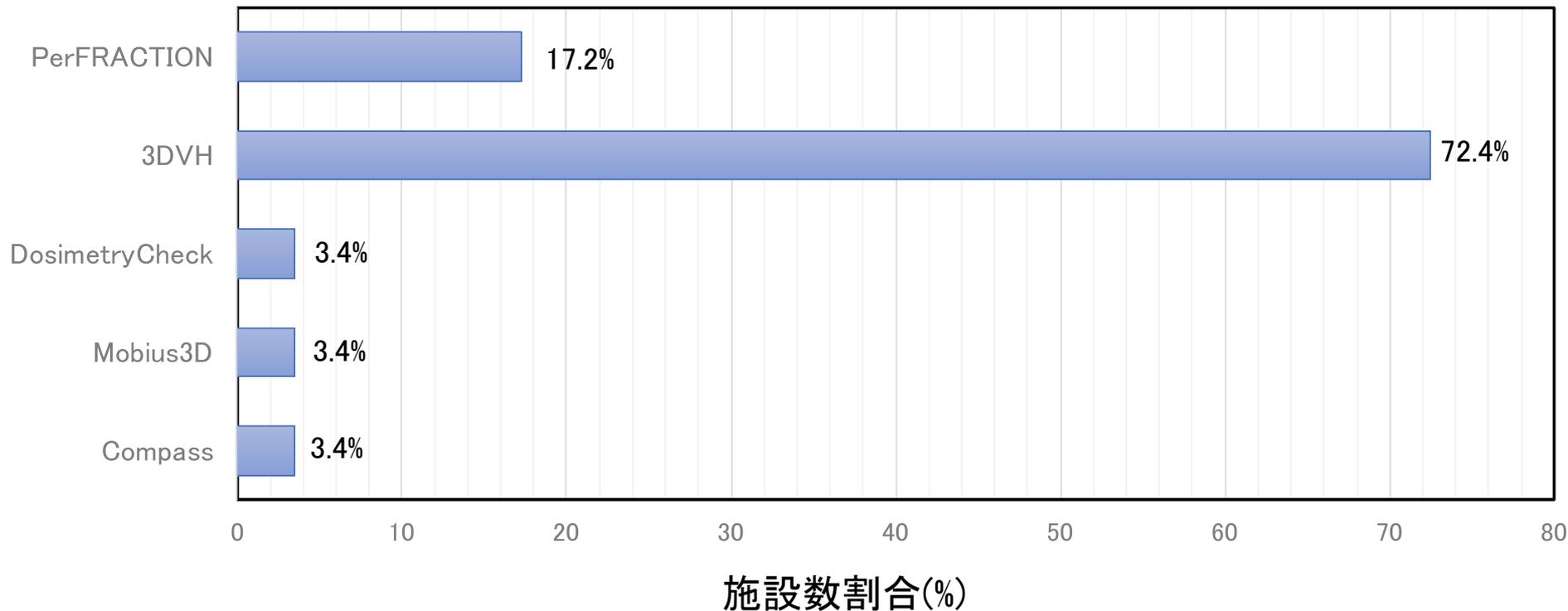
患者体内予測線量に用いるソフトウェア



● Q24

患者体内予測線量ソフトウェア

有効回答数: **29**



■ Q23, いいえを回答した施設でも3DVHを回答した施設が3施設あった

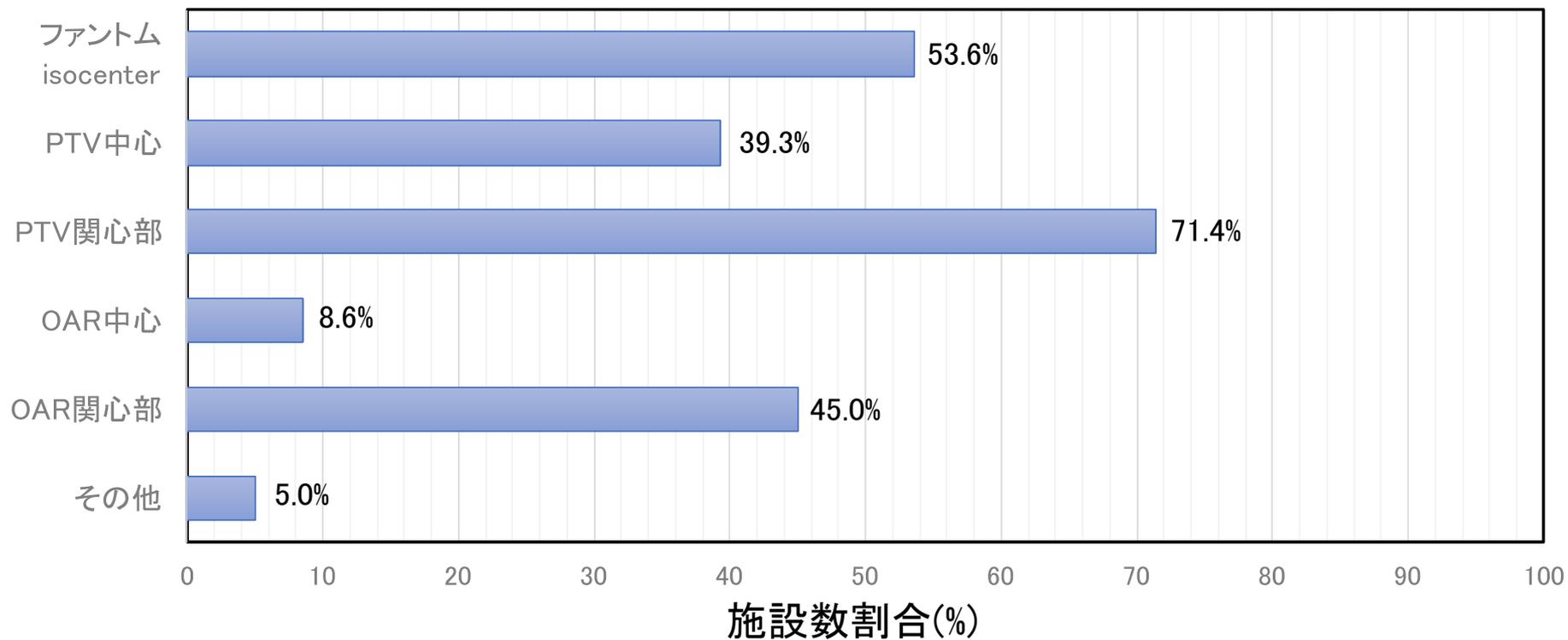
吸収線量測定時の関心点

● Q25



吸収線量測定時の関心点

有効回答数: **140**



- その他: PTV中の線量勾配が緩やかな点
多次元検出器での対応測定点
幾何学的に定まった点(中心から左右2cmなど)

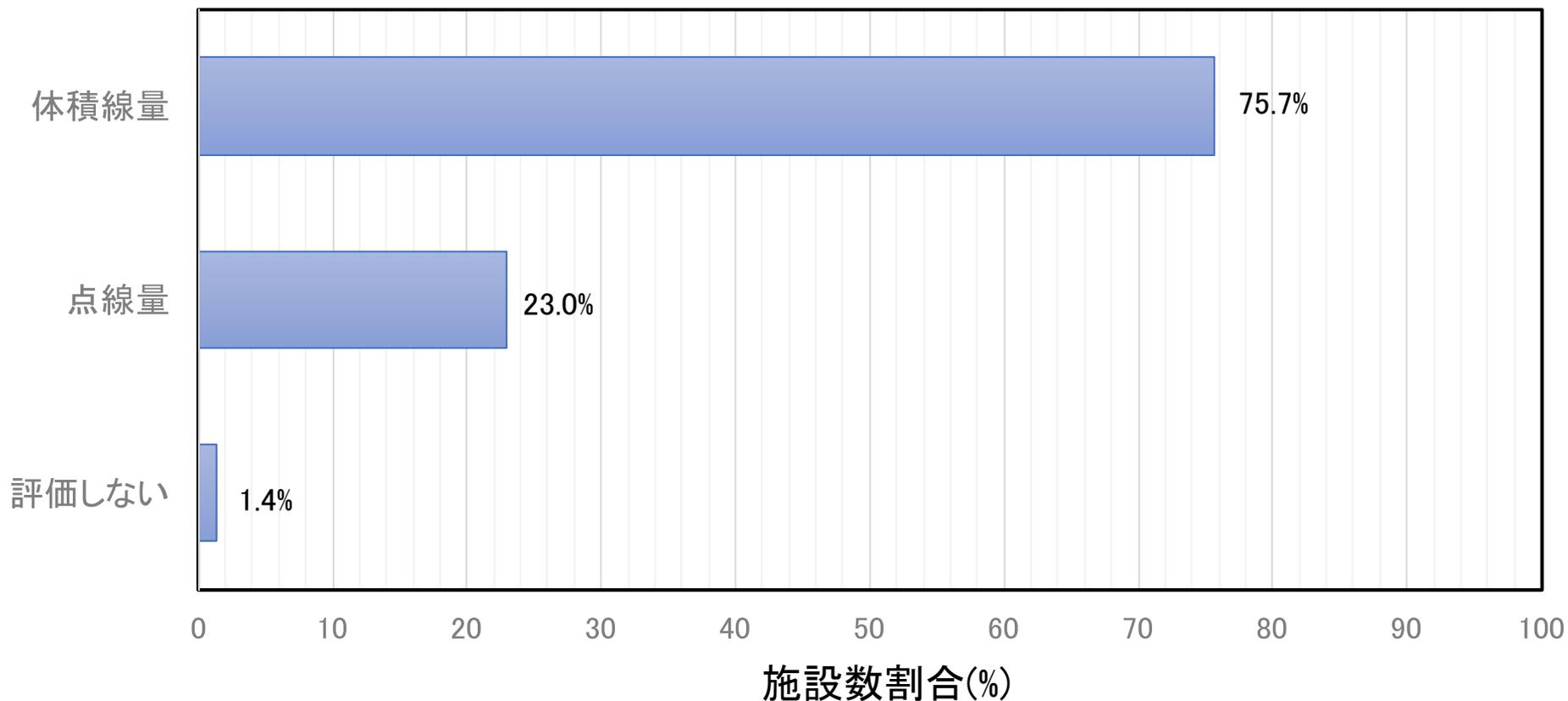
関心点吸収線量の治療計画装置上での算出法



● Q26

関心点吸収線量の算出法

有効回答数: **148**



測定時, 計算に最も使用するQAファントム

● Q27



有効回答数: **132**

スラブファントム	施設数
タフウォーター/ タフリング (京都科学)	60
Solid Water/ Solid Water HE (Gammex)	29
Virtual Water/ Blue Water (Standard Imaging)	10
Acrylic and RW3 slab phantom (PTW)	3
Plastic water (CIRS)	3
特注	1
使用しない	26
無効(未記入および多目的線量測定用ファントムとの取り違いのため)	16

測定時, 計算に最も使用するQAファントム



● Q27

有効回答数: **148**

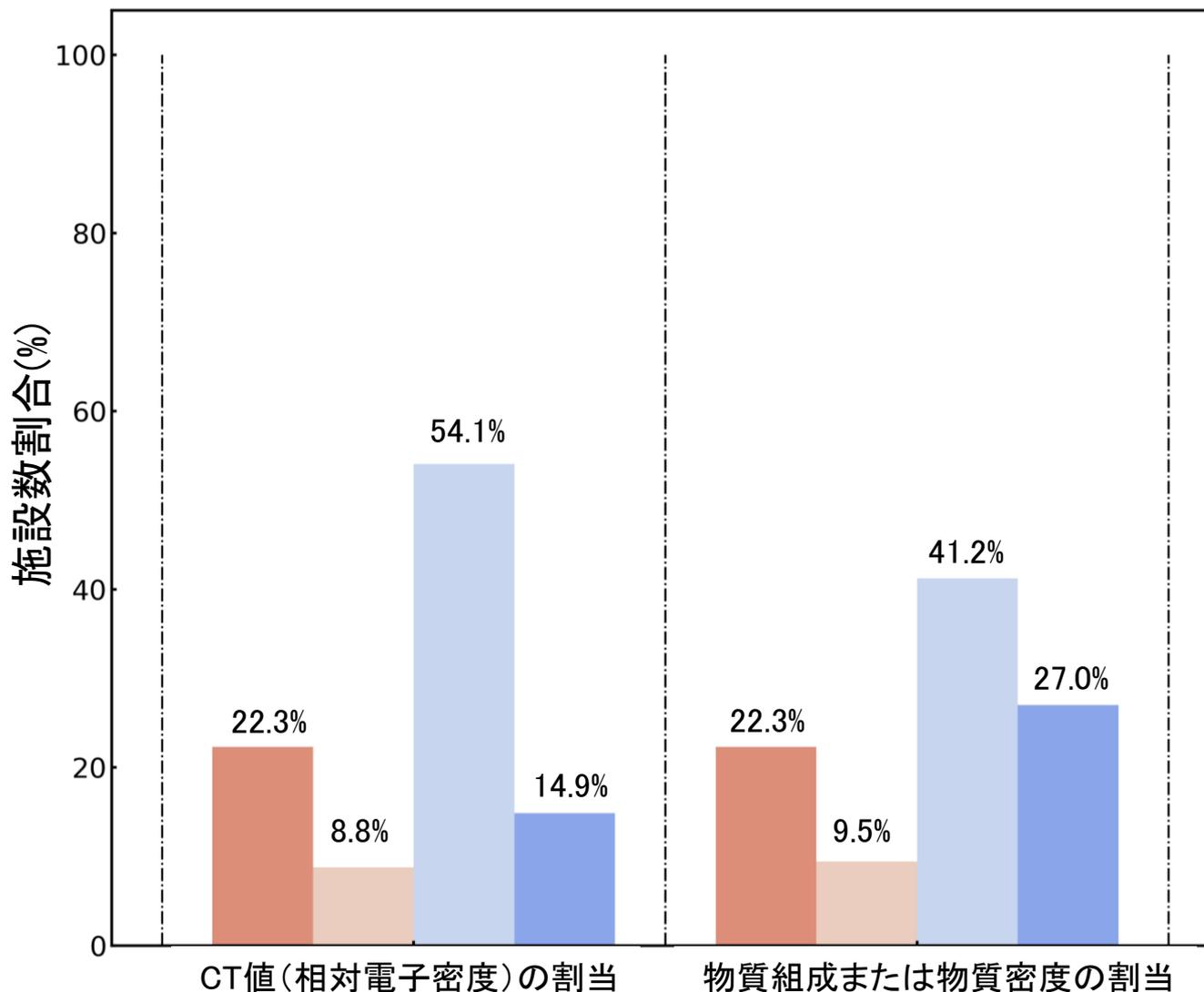
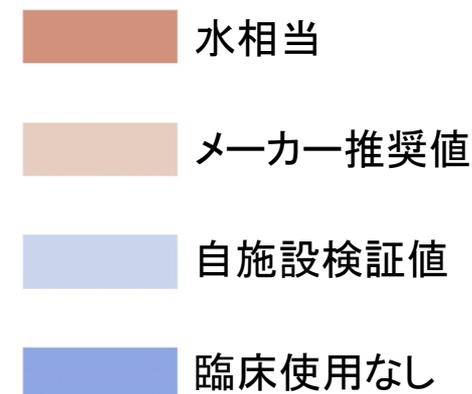
多目的線量測定用ファントム	施設数	多目的線量測定用ファントム	施設数
ImRT Phantom (IBA)	46	RT-2300-Cylinder (アールテック)	1
Delta4 (ScandiDos)	31	Lucy 3D QA ファントム (Standard Imaging)	1
RT-3000-New-Water(アールテック)	13	IMRT 頭頸部ファントム (CIRS)	1
ArcCHECK (SUN NUCLEAR)	11	IMRT Head and Torso Freepoint Phantom (CIRS)	1
IMRTファントム (Standard Imaging)	9	OCTAVIUS 4D (PTW)	1
Virtual Water [Cheese phantom] (Accuray/TOMOTHE)	6	Easy Cube Phantom (SUN NUCLEAR)	1
サジコロファントム(アールテック)	4	自作ファントム	1
Arc QA ファントム (Standard Imaging)	3	特注	2
全門照射用円柱ファントム(タイセイメディカル)	3	Cube20ファントム(CIRS)	0
IMRT線量分布用ファントム JC型(タイセイメディカル)	3	QUASAR Verification ファントム (MODUS Medical Device)	0
		使用しない	10

完全水等価でないことを補正する手法

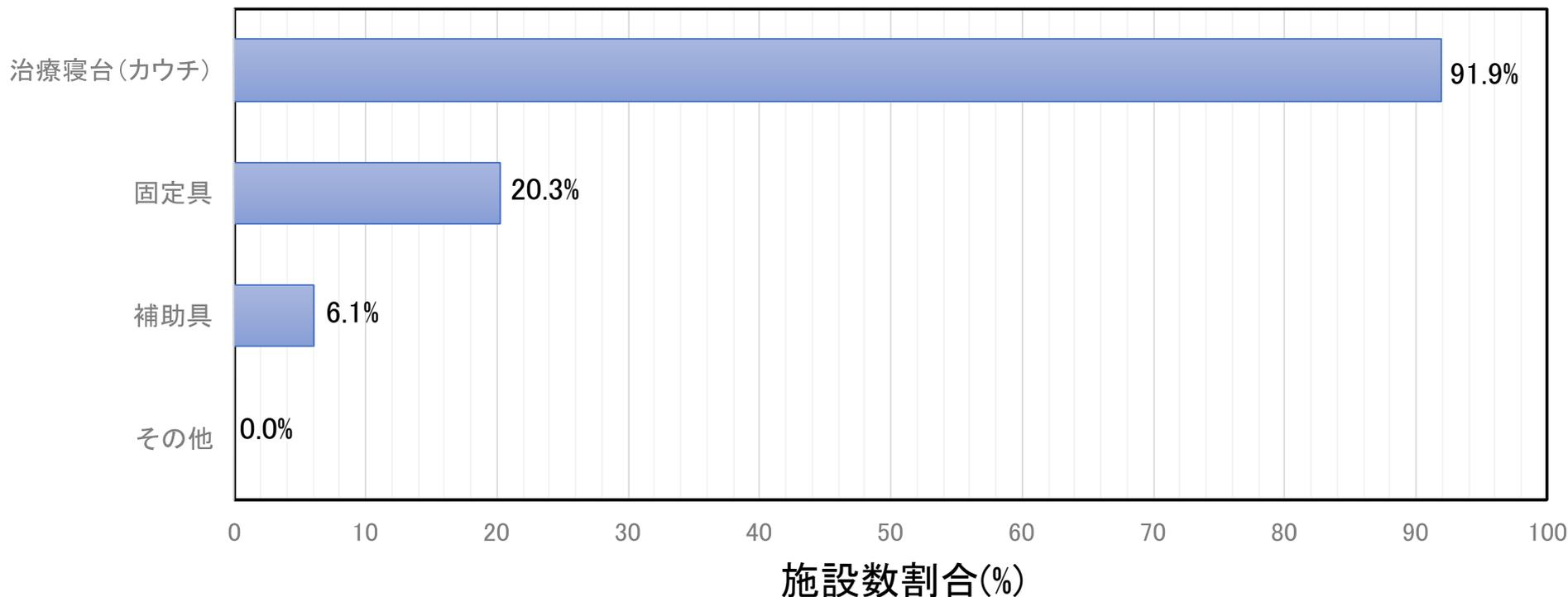


● Q28

有効回答数: **148**



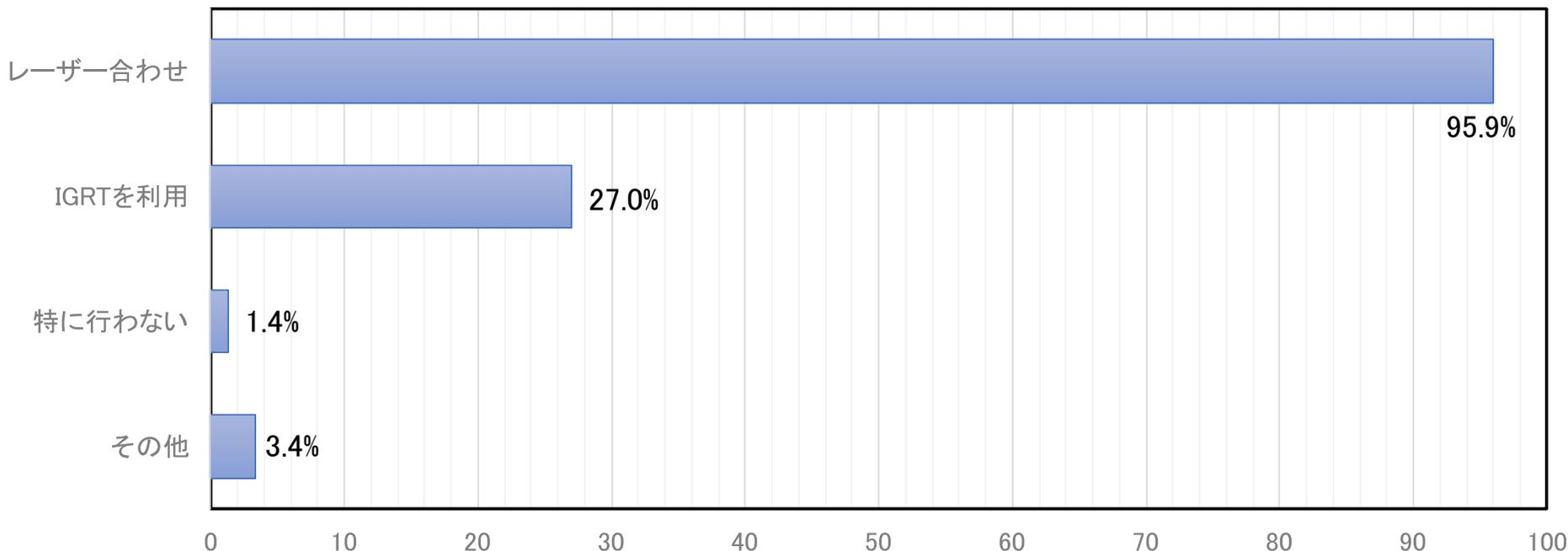
臨床プランで考慮し、QAプランでも考慮するもの 有効回答数: **148**



- 固定具: Vac-Locなどの治療精度に直接関わるもの
- 補助具: タオル, 敷布等の患者姿勢を安定させるもの
- その他: 記載なし

QA機器設置時における位置合わせの手法

有効回答数: **148**



■ その他:

施設数割合(%)

- 正側での10x10矩形照射野にて、対称となる位置に配置
- 基準照射野(21x21)との線量分布を比較
- ガントリ0° , 90° , 180° , 270° におけるプロファイルの判断
- ベンチマーク測定やリファレンスプランとの比較

小括4 (IMRTに関する品質管理・臨床状況(測定))



- 関心点吸収線量評価に用いる線量計はミニ型の選択が最多であった.
- 線量分布測定には, 検出器は円筒形アレイ検出器, 測定手法はTC法が最も用いられている. フルエンスは多くの施設で測定されていない.
- 患者体内予測線量を検証上考慮する施設は2割にとどまる. 主に用いるソフトウェアは3DVHであった.
- 関心点吸収線量の評価には, PTV関心部, そして体積線量の算出が多く選択されている.

小括4 (IMRTに関する品質管理・臨床状況(測定))



- スラブファントムとしてタフウォーター/タフリング, 多目的線量測定用ファントムとしてI' mRT Phantom (IBA)が多かった. 水等価でないことを補正する場合, 自施設検証によってCT値(電子密度), 物質組成/物質密度の割当がなされている.
- 臨床プラン上でもQAプラン上でも多くの施設でカウチを考慮している. 補助具まで考慮している施設も9施設あった.
- QA機器の設置には大半の施設でレーザーを用いており, IGRTを利用する施設も3割程度ある.

0. アンケート調査の背景, 目的, 実施状況

1. IMRTに関する臨床状況

2. IMRTに関する品質管理・検証状況(装置)

3. IMRTに関する品質管理・検証状況(計画)

4. IMRTに関する品質管理・検証状況(測定)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

- Q31: 多次元検出器上の測定値をノーマライズせず線量値 (Gy) として評価するか
- Q32: 線量分布もしくはフルエンスのうち主に評価する測定
- Q33: Dose Difference (DD) の評価基準
- Q34: Dose-to-Agreement (DTA) の評価基準
- Q35: ガンマ解析の評価基準
- Q36: 最も用いるガンマ解析範囲の下限閾値 (lower threshold)
- Q37: ガンマ解析時の線量誤差を評価する基準線量

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

- Q38: 最も用いるガンマ解析の基準パス率
- Q39: 患者体内予測線量の主な評価法
- Q40: 患者QAにおける施設基準設定時の参考文献
- Q41: 患者QAについて、許容/介入レベルを設定しているか
または設定する予定があるか
- Q42: 患者QAにおける許容レベルに用いる指標
- Q43: 患者QAにおける介入レベルに用いる指標
- Q44: 上記、患者QAにおける介入レベルでの設定値

5. IMRTに関する品質管理・検証状況(評価)

- Q45: 患者QAにおける許容/介入レベルを見直す
(or 見直した)ことはあるか
- Q46: 患者QAにおける許容/介入レベルを見直す
(or 見直した)場合の対処について具体的に記載

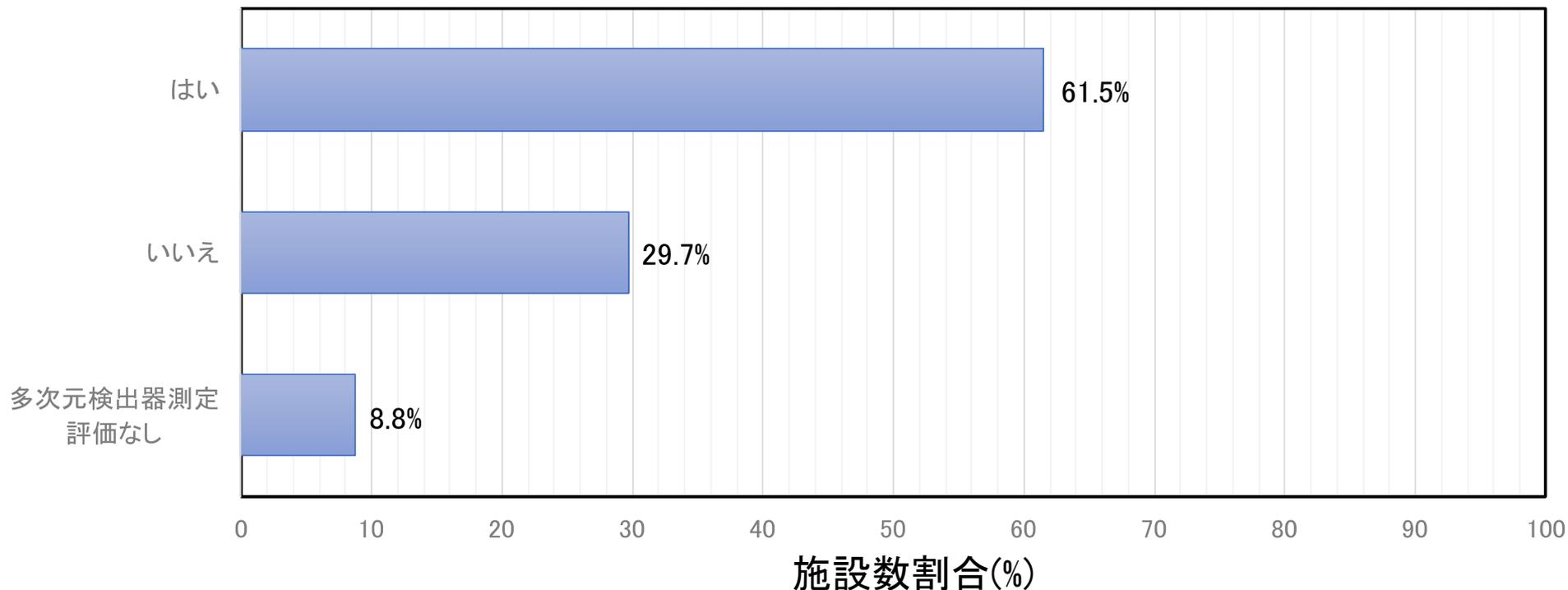
多次元検出器上の測定値を ノーマライズせず線量値(Gy)として評価するか

● Q31



多次元検出器のノーマライズと線量値評価

有効回答数: **148**



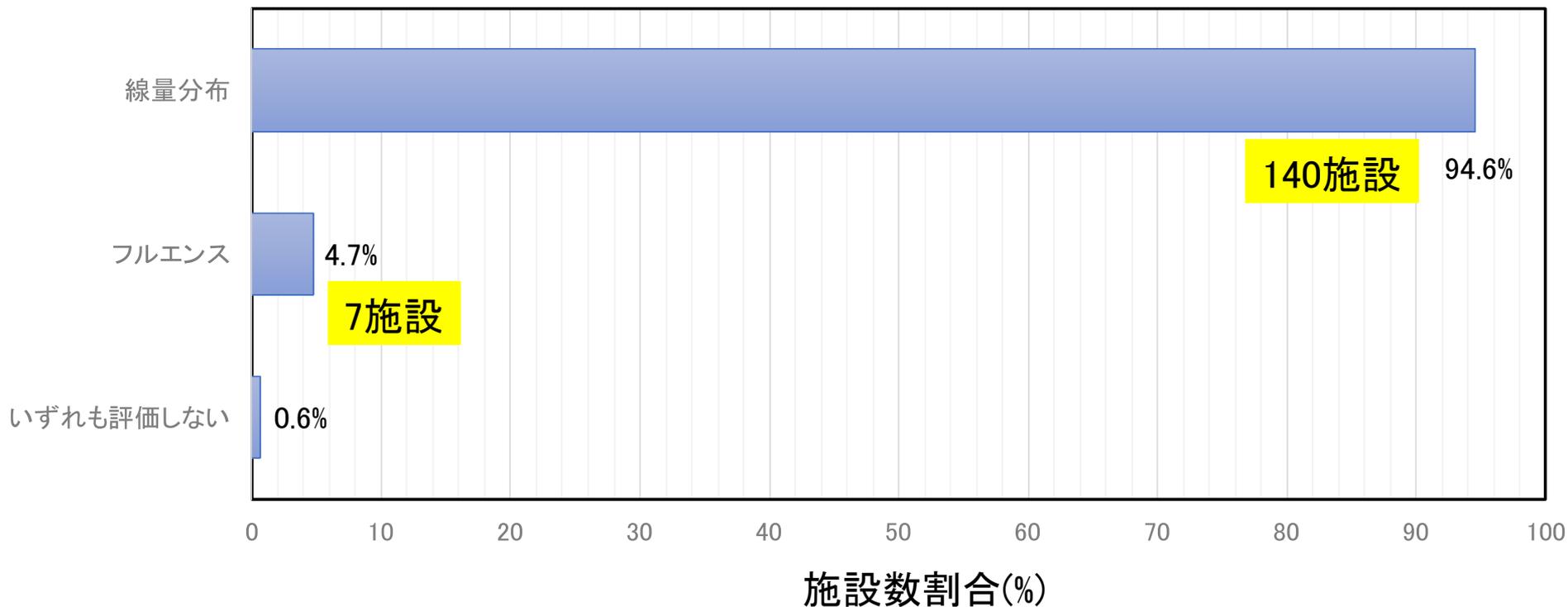
線量分布もしくはフルエンスのうち、主に評価する測定



● Q32

線量分布/フルエンス 主に評価する測定

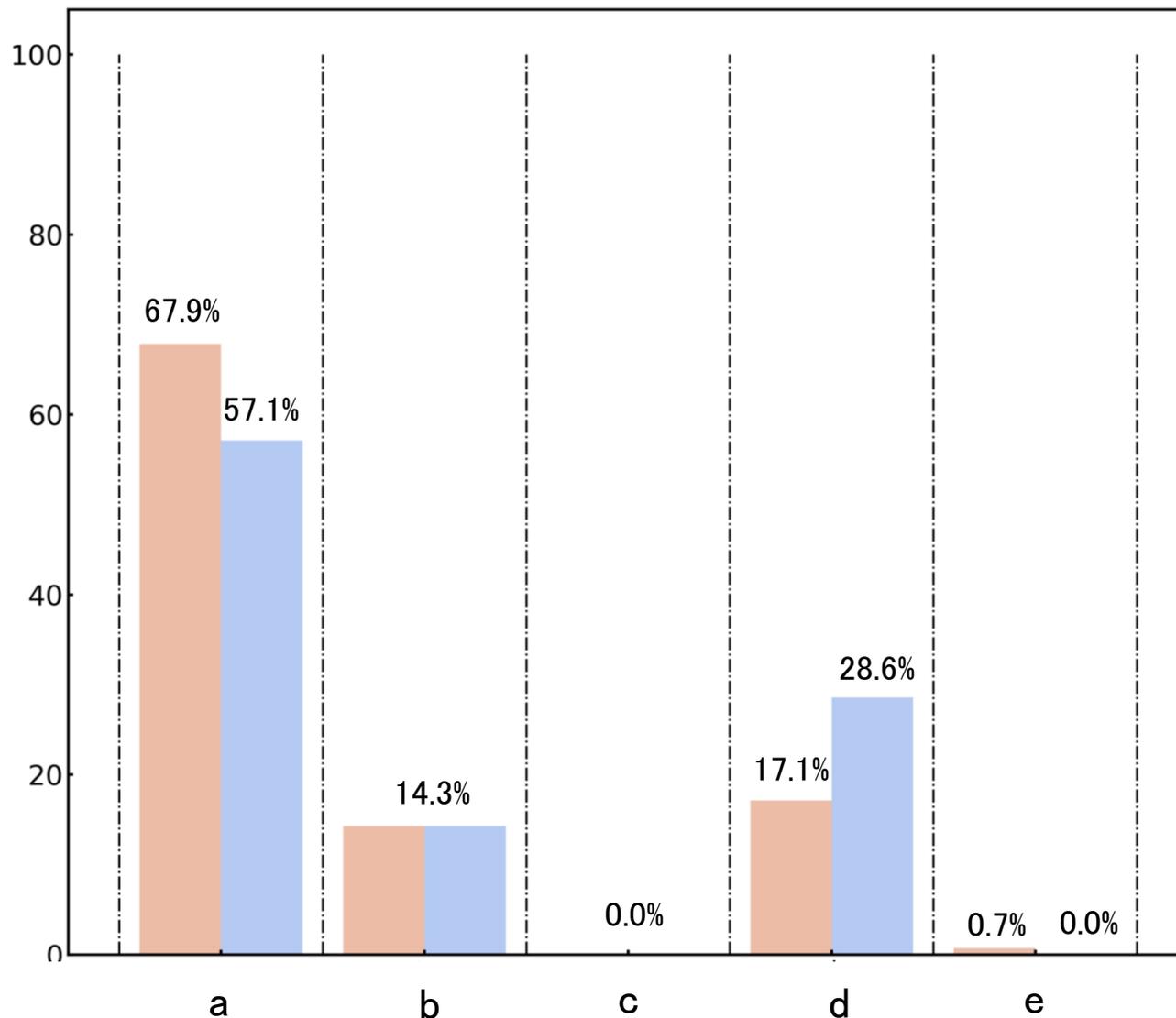
有効回答数: **148**



Dose Difference (DD) の評価基準



● Q33



有効回答数: 147

線量分布

有効回答数: 140

フルエンス

有効回答数: 7

a. 3%

b. 2%

c. 1%

d. 評価しない

e. その他

5%, 3%の両方

Dose-to-Agreement (DTA) の評価基準



● Q34

有効回答数: **147**

■ 線量分布

有効回答数: **140**

■ フルエンス

有効回答数: **7**

a. 3 mm

b. 2 mm

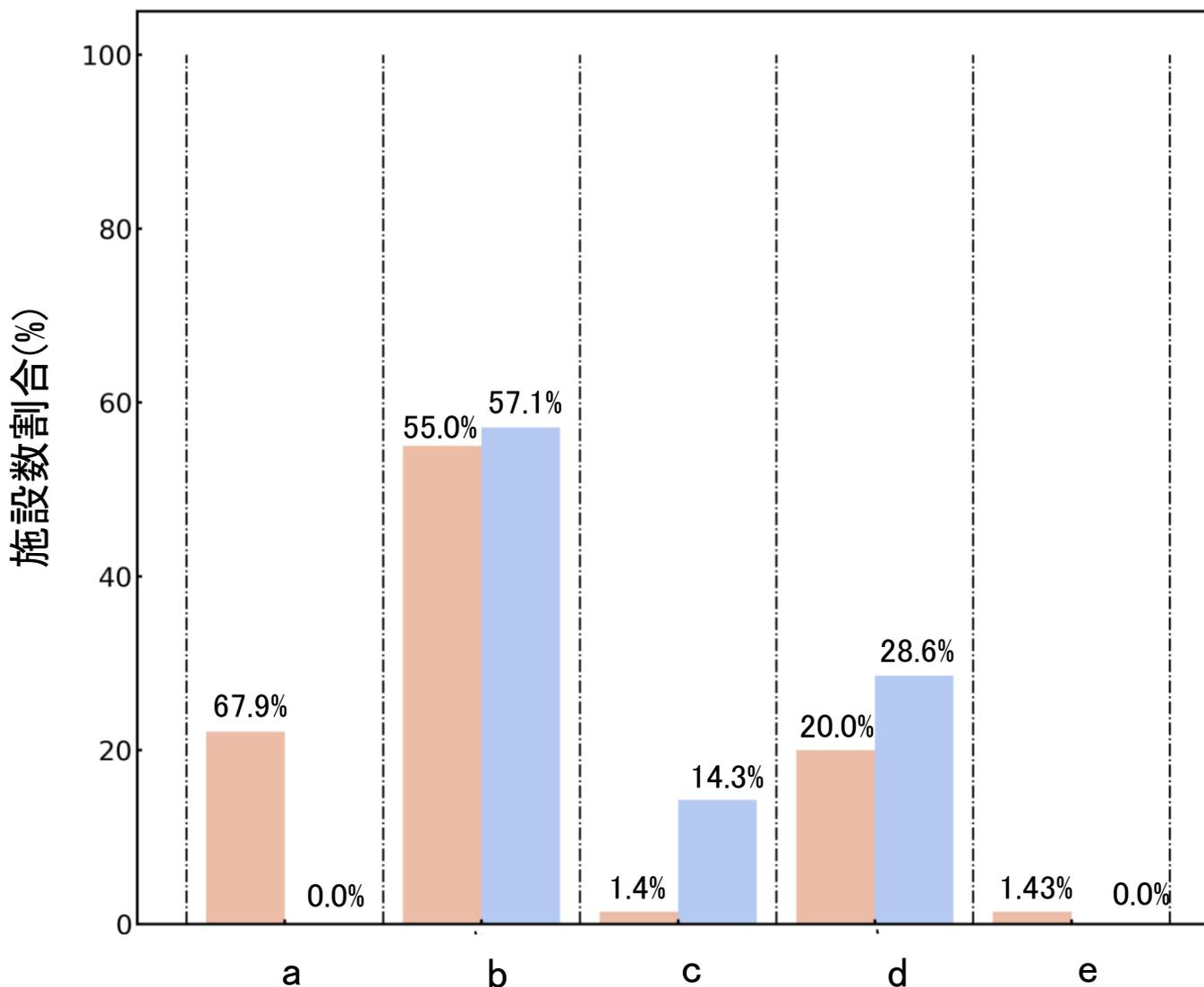
c. 1 mm

d. 評価しない

e. その他

■ 1.5 mm

■ 1 mm, 2 mm 両方



ガンマ解析の評価基準



● Q35

有効回答数: 147

■ 線量分布

有効回答数: 140

■ フルエンス

有効回答数: 7

a. 3%/2mm

b. 3%/3mm

c. 2%/2mm

d. 2%/1mm

e. 評価しない

f. その他

■ その他:

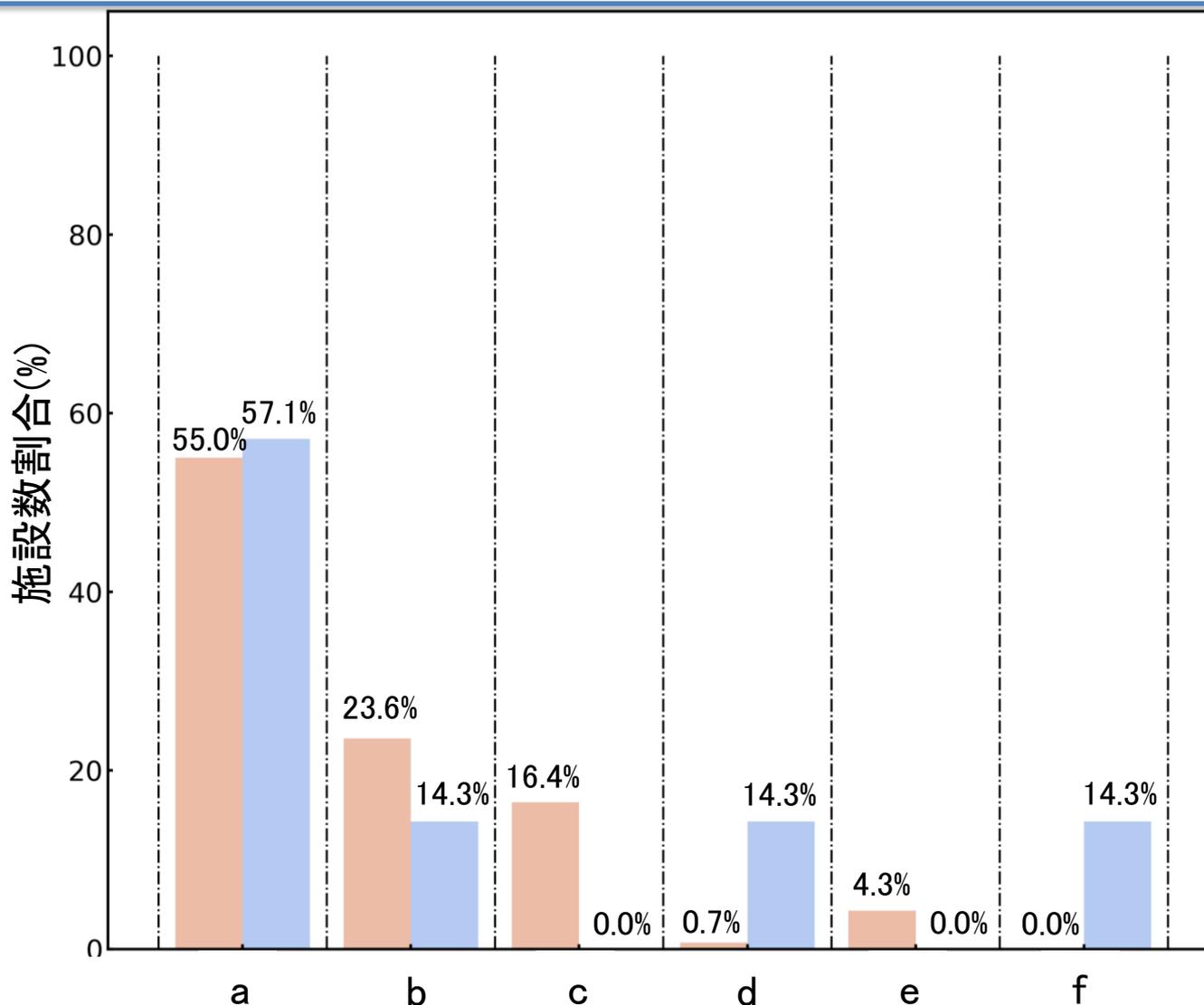
■ 2%/3mm ■ 3%/1mm

■ 2%/1.5mm

■ 3%/3mm, 3%/2mm,
2%/2mm 全て

■ 3%/1mm (定位)

■ 3%/2mm (定位以外)



最も用いるガンマ解析範囲の下限閾値



● Q36

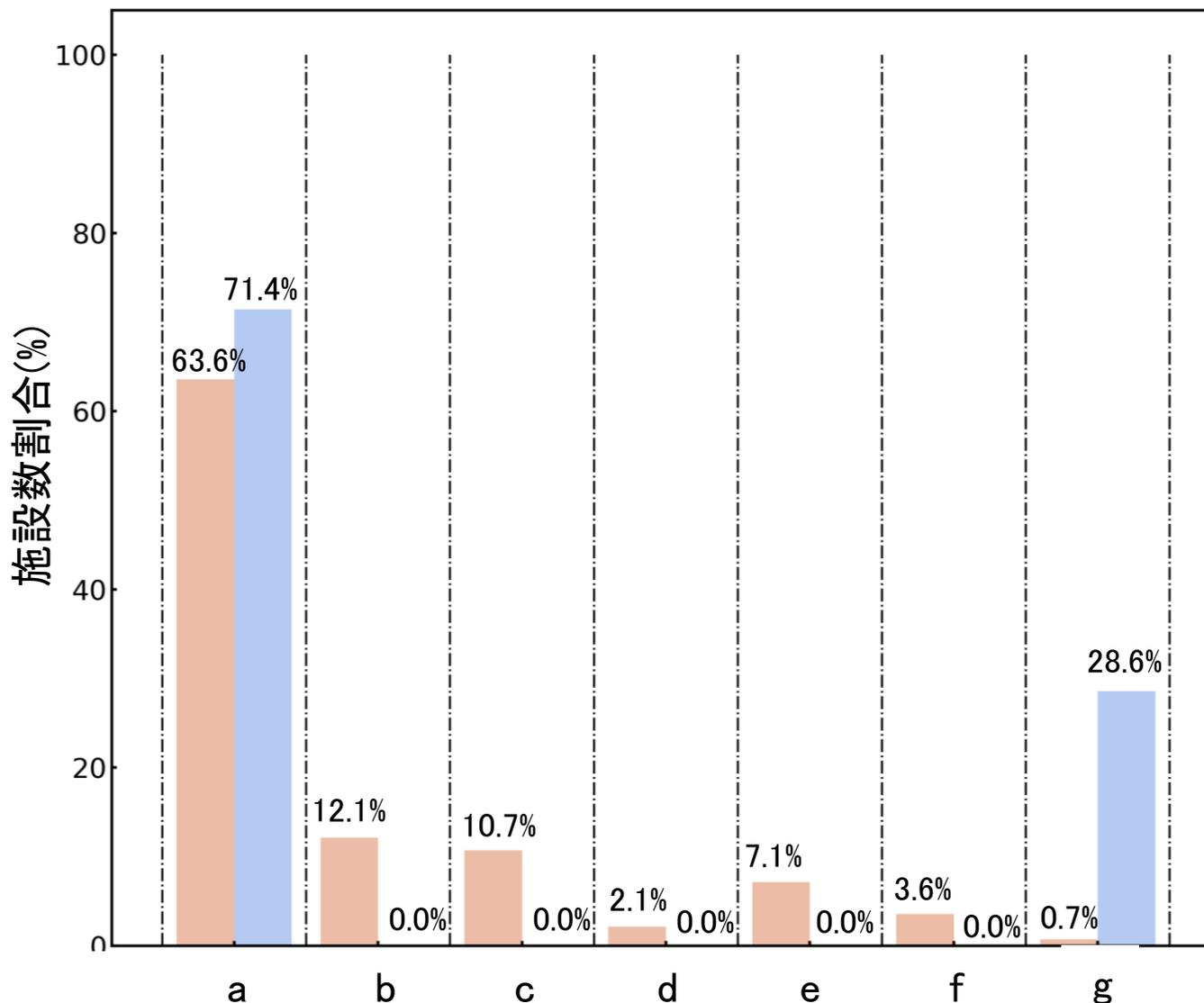
有効回答数: 147

線量分布
有効回答数: 140

フルエンス
有効回答数: 7

- a. 10%
- b. 20%
- c. 30%
- d. 40%
- e. 50%
- f. 評価しない
- g. その他

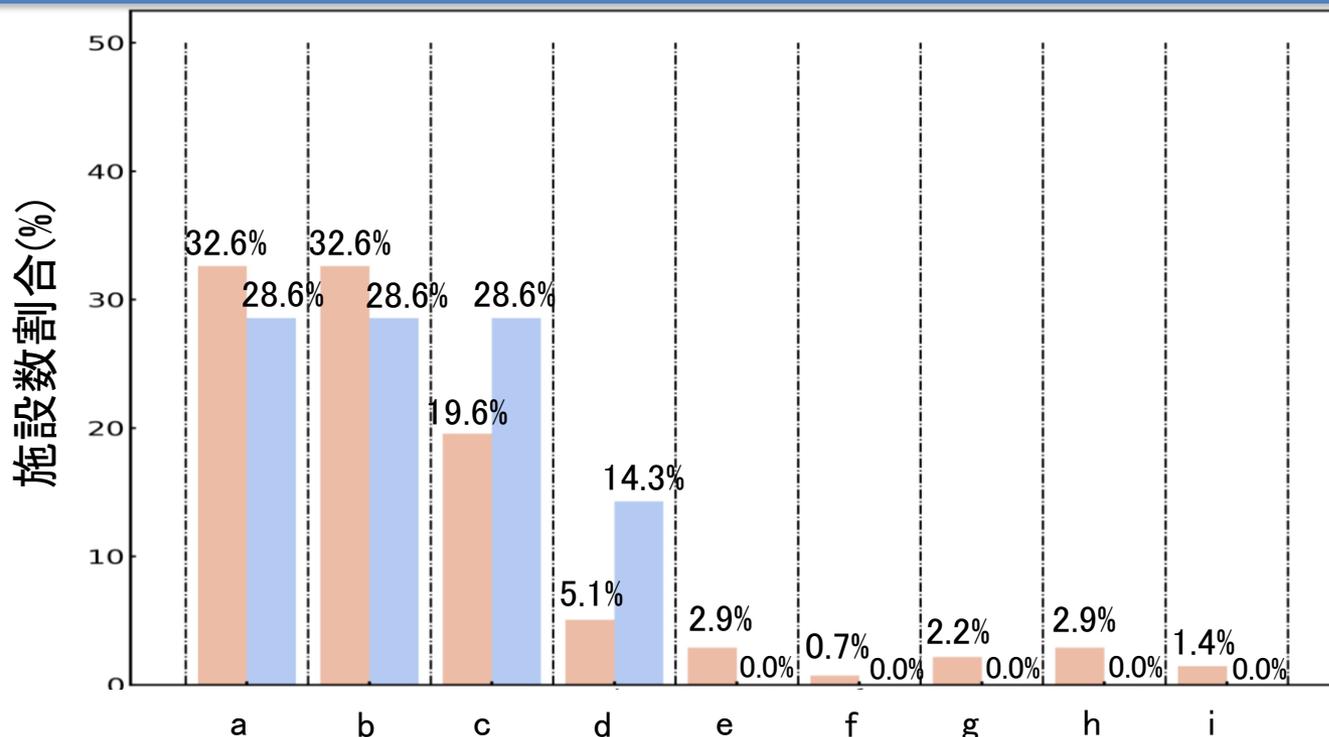
0% 0%
0% 5%



ガンマ解析時の線量誤差を評価する基準線量



● Q37



有効回答数: 145

線量分布

有効回答数: 138

フルエンス

有効回答数: 7

- a. 1回処方線量値 (prescribed dose per fraction)
- b. 線量分布全体または評価領域での対応する各点
- c. 線量分布全体または評価領域における最大値
- d. 線量分布全体または評価領域における最大値からの割合(%)
- e. 線量分布全体における平均値
- f. 局所関心領域(線量計ROIなど)の最大値
- g. 局所関心領域(線量計ROIなど)の平均値
- h. 評価しない
- i. その他

最も用いるガンマ解析の基準パス率



● Q38

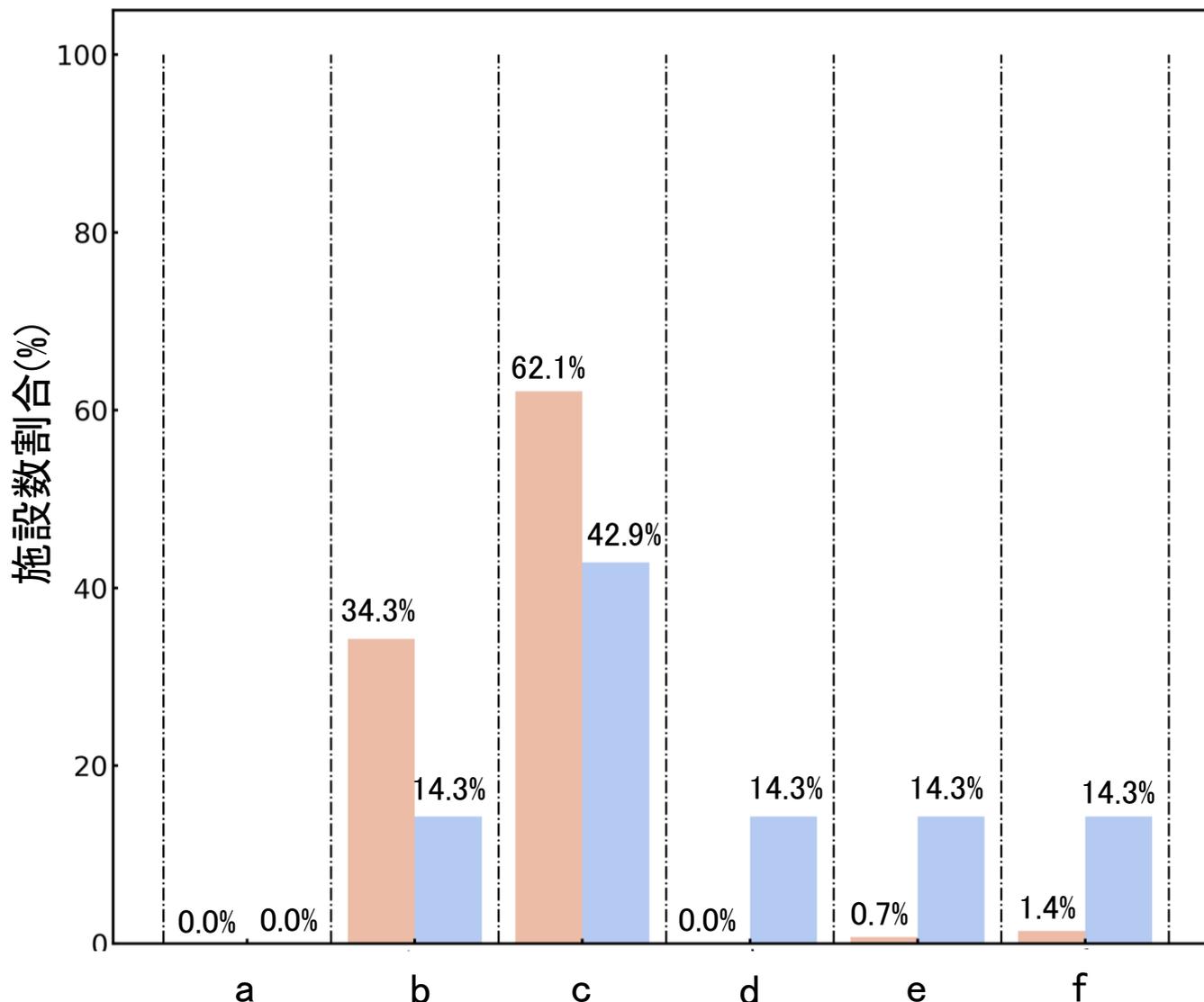
有効回答数: 147

線量分布
有効回答数: 140

フルエンス
有効回答数: 7

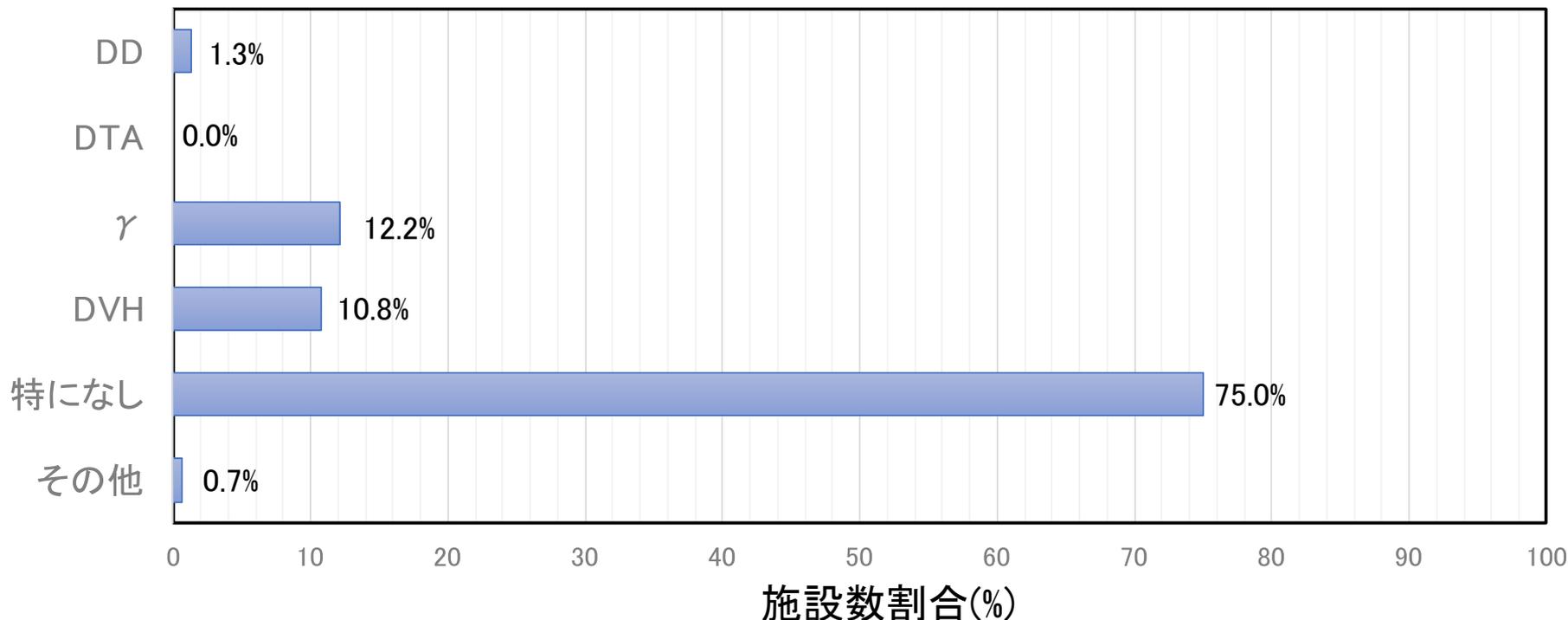
- a. 85%
- b. 90%
- c. 95%
- d. 98%
- e. 評価しない
- f. その他

97% 97%
97.5%



患者体内予測線量の主な評価法

有効回答数: **148**



■ その他:

➤ 関心領域でのhotまたはcoldの定性評価

■ およそ回答施設の1/4(37施設)で体内予測線量を評価している

➤ 検証上も考慮しているのはQ23より, 78.4% (= 29/37)

有効回答数: **148**

項目	施設数
AAPM「Task Group 218」(IMRT measurement based verification)	96
AAPM「Task Group 119」(IMRT commissioning)	69
AAPM「Task Group 100」(Radiation therapy quality management)	22
AAPM「Medical Physics Practice Guideline 5.a.」(Commissioning and QA of treatment planning)	20
JASTRO「外部放射線治療におけるQAシステムガイドライン」	79
JASTRO「強度変調放射線治療における物理・技術的ガイドライン」	124
JASTRO「多分割コリメータによる強度変調放射線治療の機器的精度確保に関するガイドライン」	59
JASTRO「体幹部定位放射線治療ガイドライン」	78
書籍「詳説 強度変調放射線治療 物理・技術ガイドラインの詳細」(中外医学社)	99
書籍「詳説 放射線治療の精度管理と測定技術」(中外医学社)	83
他施設参考(学会, 勉強会, 相談などで得た他施設測定の資料や測定方法 等)	79
その他(文献, 測定方法 等)	6

- その他:
- TG-135 (CyberKnife), TG-148 (TomoTherapy), IAEA TRS-483 (小照射野)
 - JSMP 強度変調放射線治療の線量検証法, 自施設のSPC解析

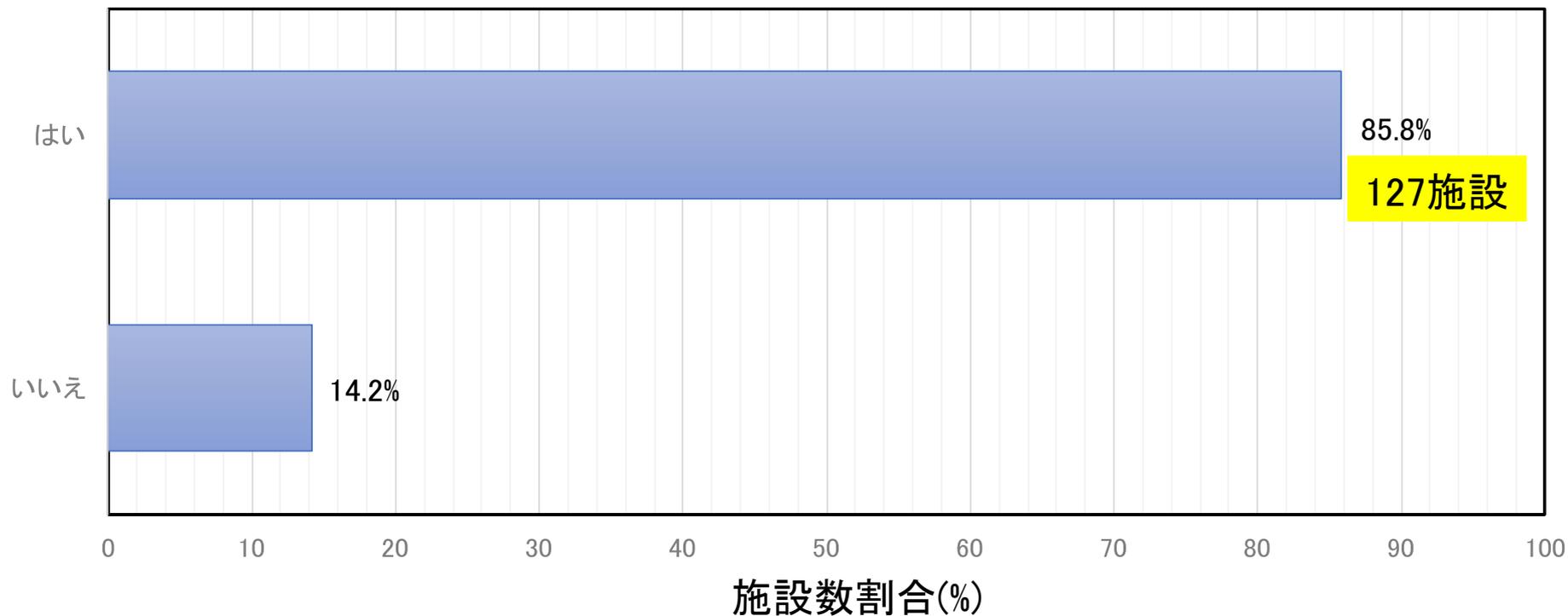
患者QAについて、許容/介入レベルの設定



● Q41

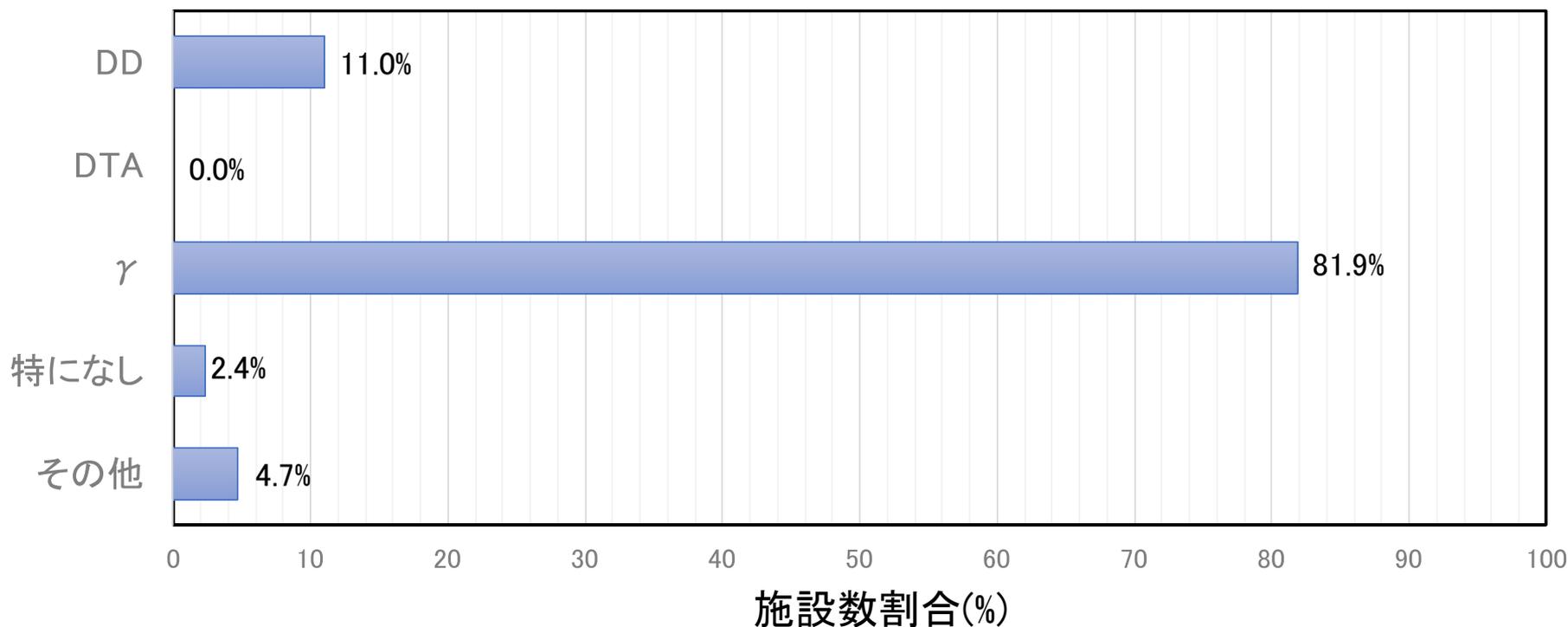
有効回答数: **148**

患者QAにおける許容/介入レベルの設定を行っている(行う予定がある)



有効回答数: 127

患者QAにおける許容レベルに用いる指標

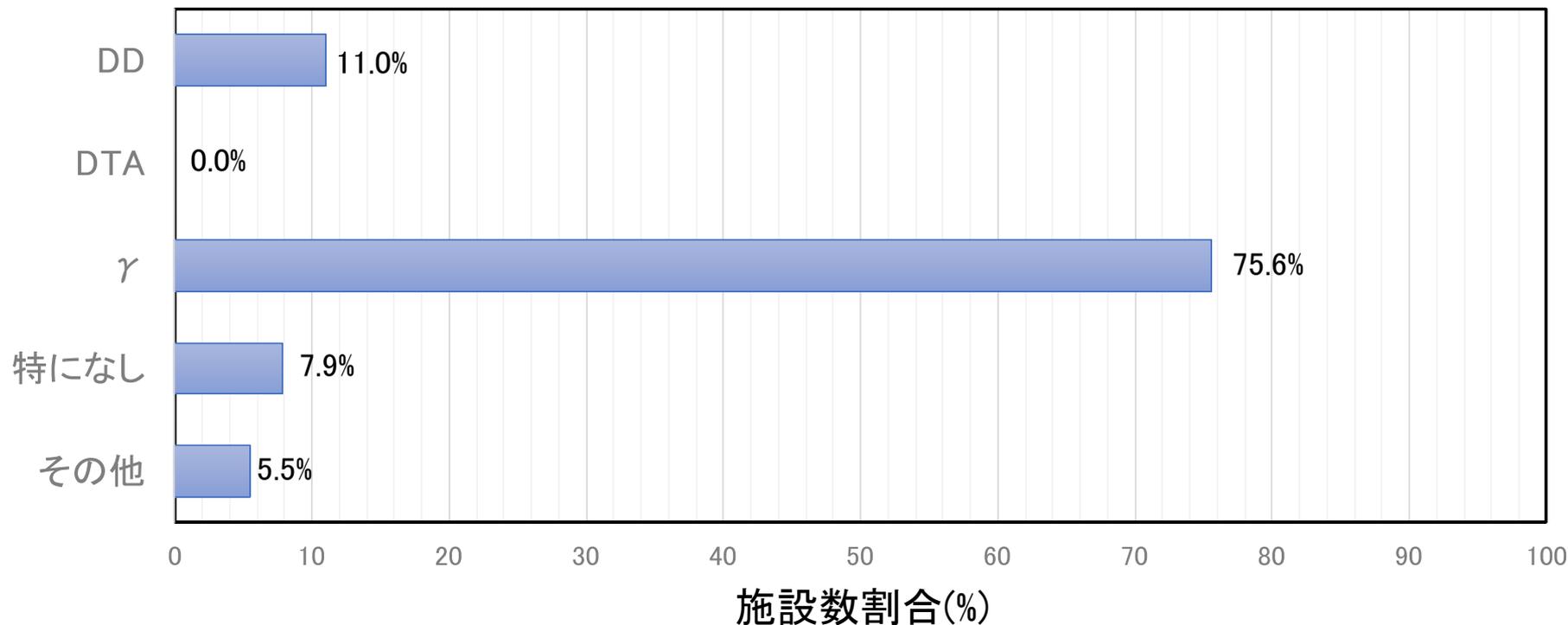


■ その他:

- γ + ポイント線量
- γ + DVH
- γ + DTA
- プロファイル形状
- γ + DD

有効回答数: 127

患者QAにおける介入レベルに用いる指標



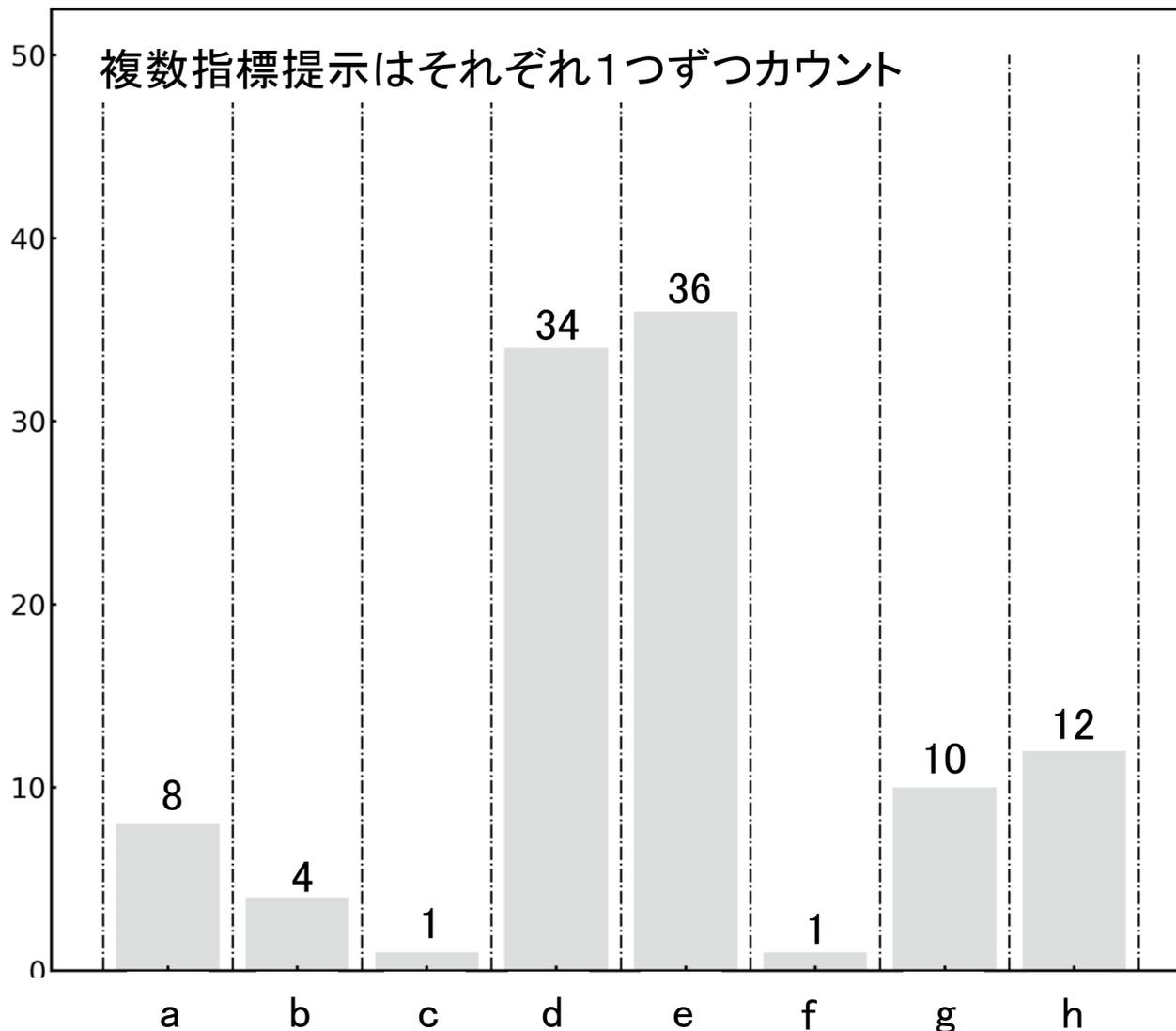
■ その他:

- γ + ポイント線量
- γ + DVH
- γ + DTA
- プロファイル形状
- γ + DD
- DD + DTA

患者QAにおける介入レベルでの設定値(γ)



● Q44



有効回答数: 101/127

■ γを用いる施設

- a. 5%/5mm
- b. 5%/3mm
- c. 5%/1mm
- d. 3%/3mm
- e. 3%/2mm
- f. 2%/3mm
- g. 2%/2mm
- h. 決定なし

5施設は複数提示:

5%/1mm + 3%/2mm 1施設

3%/2mm + 2%/2mm 4施設

1施設はDVH条件を追加:

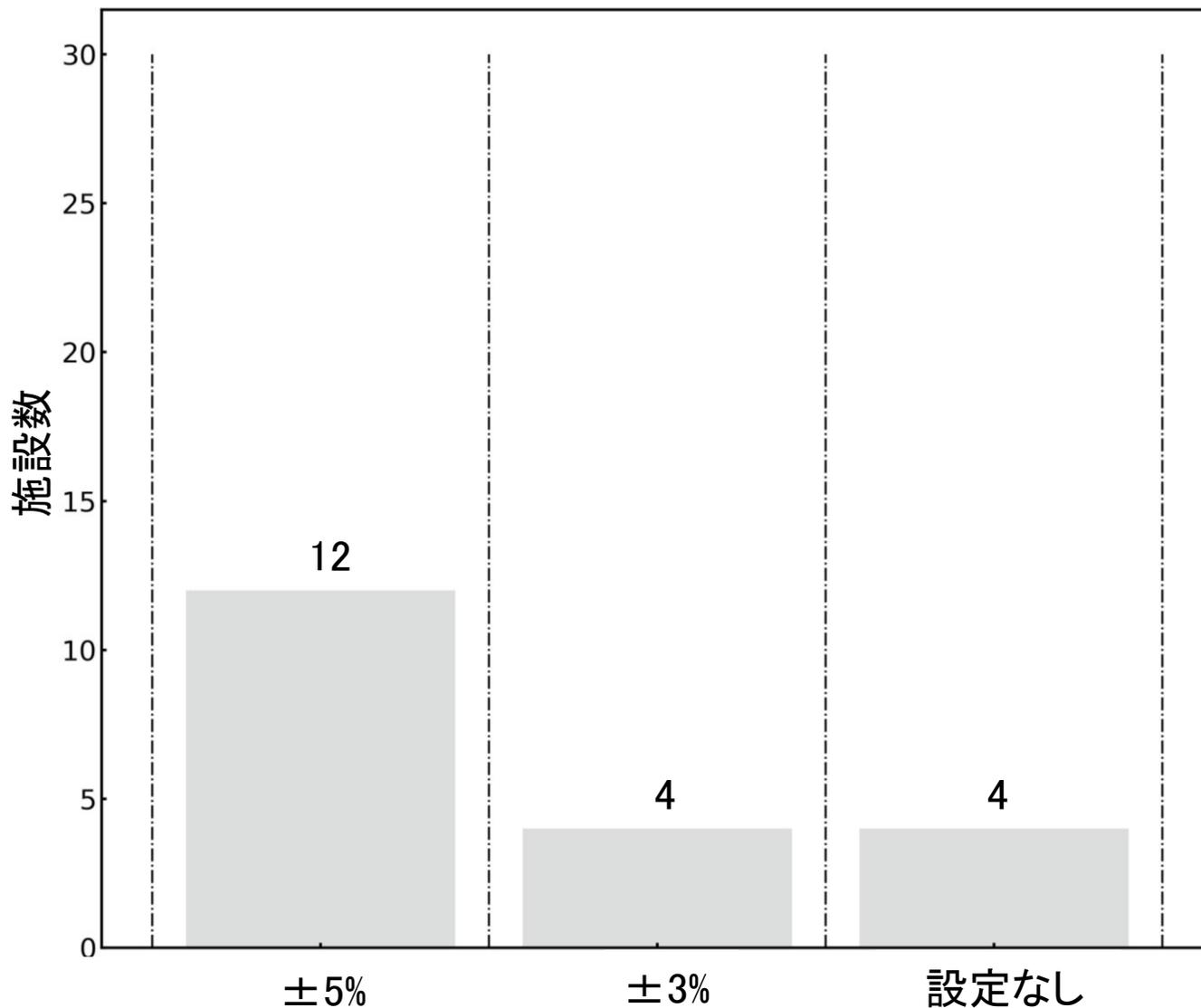
3%/3mm +

DVHの最大差5%以内

患者QAにおける介入レベルでの設定値(DD)



● Q44



有効回答数: **20/127**

■ DDを用いる施設

DDのみ 16施設

DDと γ を複合的に評価

±5%, 3%/3mm 2施設

±3%, 3%/2mm 1施設

DDとDTAを複合的に評価

±5%, ±3mm 1施設

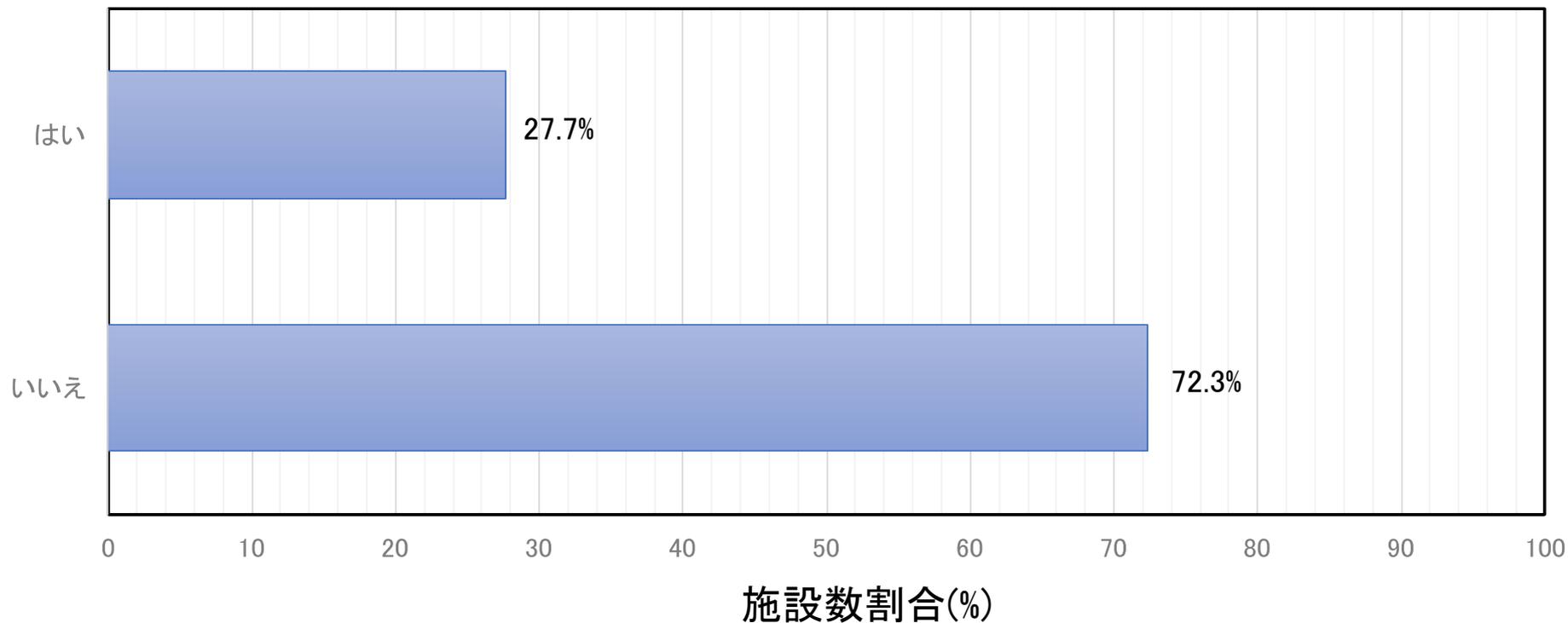
患者QAにおける許容/介入レベルを見直す(見直した)か

● Q45



有効回答数: **148**

患者QAにおける許容/介入レベルを見直した(見直す予定あり)



■ 具体的な記載

有効回答数: **35**

- 過去データ(γ pass rate)の蓄積を基に評価する.
- AAPM TG218に基づき過去の測定結果を解析し, 許容レベルを算出した.
- RTPと治療法の組み合わせで緩めないといけないものがあった.
使用している治療計画装置が粗雑な印象を受ける.
- 介入レベルの引き上げを行った.
- 許容レベル3%/3mmでスタートして特に問題なかったもので3%/2mmに移行した.
- 過去症例の結果から解析した値を適用する.
- 後方視的解析を行った.
- 3%/3mm(局所前立腺症例以外)とした場合,
殆どの症例(頭頸部等)で γ が95%を超えたので厳しめに2%/2mmと変更した.

■ 具体的な記載

有効回答数: **35**

- 医師と相談してOARの線量なども考慮して、総合的に判断した.
- 過去の自施設の結果を解析して再設定した.
- 通常、部位ごとで同等のQA結果が得られるので設定していない。
次の場合は許容しない。
 - + PTVと危険臓器の境界のDTAのズレが2mmなど、許容できない場合
 - + 過去の同じ部位のVMATと比べて著しくQA結果が悪い場合
- 当初行っていたFilmでは部位ごとに設定していた.
- 再検証し、再計画した.
- 定期的に線量検証結果を集計し、平均値と標準偏差から許容値を設定した.
- 医師と相談した.
- QA方法を変更するタイミング等で蓄積データの解析を行い、適切な設定値を決定する.

■ 具体的な記載

有効回答数: **35**

- 類似10症例の過去統計を参考にした.
- 検証に使用した機器の特性を把握して見直した.
- 過去症例のQA結果の解析した.
- 物理的承認担当者の変更, 自施設の制度管理指針改定した.
- AAPMのようなグローバルな基準に見直すことも検討中である.
- SPC解析に使用する実施設の検証データ範囲を変更した.
- 解析下限値を90%としてtarget領域のみの評価を追加した.
- 有効線量分布に対する検出器の空間分解能に問題があるArcCHECKでのQA Pass率の低い多発転移性脳腫瘍のVMAT定位のQA結果に関して, 電離箱測定, Film測定で問題がないことを確認し, 医師と相談の上, 許容されると判断されたQA結果の統計量から許容値を見直した.

■ 具体的な記載

有効回答数: **35**

- ガイドライン等の変更に応じて、値を厳しい方向へ修正した。
検証項目を減らした事は無い。
- プランの現状と合致するか確認して設定する。
- 見直す前後のデータに統計的に有意な差があるかないかを確認する。
- 測定パラメータを確認した。
- フィルム検証を省略するかのトレランスを定めた。
- 以前は許容値を3%/3mmで運用していたが、
AAPM-TG218を参照し許容値3%/2mm、下限閾値を10%と設定した。
- 許容内であってもエラーが含まれている可能性もありますので、
自施設のデータを解析して、より厳しくすることも考える。
- 症例数の少ないプラン(例えば肺中皮腫のVMAT)の γ 値の許容値を下げた。

■ 具体的な記載

有効回答数: **35**

- ある程度の症例数を用いて, TG218に記載されている.
process base で許容レベル介入レベルを見直す.
- 定期的に許容レベルを設定する.
- 当初は, 3%/3mmで実施していたが, 部位別にデータ解析し,
範囲が狭い場合(前立腺, 頭頸部ブースト)は2%/1.5mm,
広い場合(全頸部, 全骨盤)は3%/2mmと設定した.

小括5 (IMRTに関する品質管理・臨床状況(評価))



- 多次元検出器上の測定値をノーマライズせず線量値 (Gy) として6割の施設が評価している.
- 線量分布による評価を9割超の施設が行っている.
- DD (3%), DTA (2mm), γ (3%/2mm), 閾値 (10%), パス率 (95%) が最も選択された. 比較基準線量として, 1回処方線量値または対応点での線量が選択された.
- 患者QAにおける参考文献として, 下記が多く参照された.
 - JASTRO「強度変調放射線治療における物理・技術的ガイドライン」
 - AAPM「TG218」
 - 書籍「詳説 強度変調放射線治療 物理・技術ガイドラインの詳細」

小括5 (IMRTに関する品質管理・臨床状況(評価))



- 患者QAにおける許容/介入レベルの設定は多くの施設(85.8%)で行われていた.
- 許容レベル指標: γ (81.9%), DD (11.0%), (組み合わせ除く)
- 介入レベル指標: γ (75.6%), DD (11.0%), (組み合わせ除く)
 - γ 設定値: 34施設 (3%/3mm), 36施設 (3%/2mm)
 - DD設定値: 12施設 ($\pm 5\%$), 4施設 ($\pm 3\%$)
 - γ とポイント線量, DDなどをいくつかの指標を組み合わせ用いる施設も見られた.
- 介入レベルを再検討したorする予定の施設はIMRT実施回答施設の27.7%ほどであった.

- 介入レベルを見直した場合、対処法について、
 - 自施設の過去症例を後方的に見直して統計的あるいは臨床的に評価
 - フィルム等の検証を省略するための基準を規定
 - 測定機器の特性を考慮して設定
 - 治療計画装置等のパラメータの確認
 - 症例数の少ない臨床例に対しては、やや基準を下げて評価

当該調査を実施するにあたり、多くの方々のご施設、ご団体に快くご協力賜りましたこと深謝申し上げます。

- 本アンケート調査にご協力いただいた各施設のご担当者様
- メーリングリストによる広報をご快諾くださりました放射線治療関連の研究会の代表者様

上記の方々におかれましては、ご協力ならびにご助力、重ねて御礼申し上げます。ありがとうございました。

