



STELLUNGNAHME DER KSR ZUM EINSATZ BILDGEBENDER METHODEN IN DER RADIO-ONKOLOGIE (IGRT)

1. Ausgangslage

1.1 Einführung

Der Einsatz bildgebender Methoden ist ein wichtiger Bestandteil moderner Strahlentherapie und dient im Wesentlichen zur Patientenpositionierung, Targetlokalisierung und zur präzisen Einstellung des Therapiestrahls. Obwohl sich die bildgebenden Methoden in ihrer Art unterscheiden, ist ihnen allen gemeinsam, dass sie wesentlich zu einer Erhöhung der Strahlenexposition des Patienten beitragen. Diese Strahlenexposition muss, wie jede andere medizinische Strahlenexposition, sorgfältig begründet werden. In der diagnostischen Bildgebung basiert die Dosisoptimierung auf dem ALARA-Prinzip, d.h. die Dosisexposition des Patienten soll so niedrig wie vernünftigerweise möglich gehalten werden. Im Gegensatz zur diagnostischen Bildgebung addiert sich zur diagnostischen Dosis aus der bildgesteuerten Strahlentherapie („image-guided radiotherapy“, IGRT) eine weitaus grössere Therapiedosis. Ausserdem führt eine bessere Bildgebung, die zwar eine erhöhte Patientendosis zur Folge hat, oft auch zu einer verbesserten therapeutischen Dosisapplikation. Bei der Optimierung der IGRT-Dosis ist dies zu berücksichtigen.

1.2 Ziele der Stellungnahme

Diese Stellungnahme der KSR soll im Wesentlichen zwei Punkte abdecken:

- (i) Anhand einiger Beispiele die Grössenordnung der Dosisexposition bei typischen IGRT-Behandlungen abzuschätzen um Radio-Onkologen und Medizinphysikern ein Gefühl für die Strahlenexpositionen und das Strahlenrisiko des Patienten zu geben.
- (ii) Optimierungsstrategien zu empfehlen die bei therapeutischen Dosisapplikation die Strahlenexposition durch die Bildgebung minimieren.

2. Aspekte der IGRT

2.1 Strahlenexposition durch IGRT

Bildgebende Methoden mit ionisierender Strahlung werden in der Radio-Onkologie in praktisch allen Stufen der Patientenbehandlung eingesetzt. Die dafür eingesetzten Strahlenquellen und Detektorsysteme unterscheiden sich stark voneinander. Ausserdem sind die applizierten Dosen wesentlich von der eingesetzten Technik des jeweiligen Geräteherstellers und von der Bestrahlungslokalisierung abhängig. Die folgende Auflistung der Expositionsdosen ist deswegen als grobe Abschätzung zu verstehen. Für genaue Dosisbestimmungen sind Dosismessungen am jeweils eingesetzten IGRT-System notwendig. Es muss auch darauf hingewiesen werden, dass für die Risikoabschätzungen im Rahmen dieser Empfehlung die Dosis für die Bildgebung als unabhängig von der Therapiedosis betrachtet wird und die abgeschätzten effektiven Dosen aus der Bildgebung als obere Limite verstanden werden müssen.

Arbeitsschritt	Eingesetzte Bildgebung	Abschätzung der effektiven Dosis [mSv]
Therapieplanung	Computertomographie (CT)	10 - 20
	Zeitaufgelöste CT (Berücksichtigung der Atembewegung, 4D-CT)	Max. 100-200
	Simulation der Therapie: Durchleuchtung	Max. 100
Lokalisation und Verifikation	KV Bildgebung (zwei Aufnahmen)	0.1 – 1
	MV Bildgebung (Zwei Aufnahmen)	0.5 – 5
	KV cone beam CT	10 - 20
	MV cone beam CT	20 - 50

Zur Abschätzung der Patientendosen einer typischen strahlentherapeutischen Behandlung werden zwei Szenarien betrachtet.

Behandlungsbeispiel	Eingesetzte Bildgebung	Absorbierte Dosis [mGy]	Effektive Dosis [mSv]
Therapie in 30 Fraktionen	4D-CT Simulation 30 x kV Lokalisation Nachsorge CT	1500	270
Therapie in 30 Fraktionen mit Cone-beam-CT	4D-CT Simulation 30 x cone-beam-CT Nachsorge CT	2500	870

2.2 Deterministische Schäden

Die lokalen Dosen durch die IGRT können in der Größenordnung von 2 Gy liegen. Diese Dosen müssen in der Therapieplanung berücksichtigt und zur Therapiedosis addiert werden, damit die Toleranzdosen für Risikoorgane nicht überschritten und deterministische Schäden vermieden werden.

2.3 Stochastische Schäden

Die effektiven Dosen aus der Bildgebung können wesentlich zur Krebsinduktion beitragen. Schätzt man für die zwei oben aufgeführten Szenarien mit effektiven Dosen von 270 mSv bzw. 870 mSv das Lebenszeitrisiko mit der Faustformel des Strahlenschutzes (5%/Sv) ab, so erhält man ein Lebenszeitrisiko für strahleninduzierten Krebs von 1.4% bzw. 4.4%. Hier soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Rechenmodelle des Strahlenschutzes nur bedingt anwendbar sind, da derzeit keine Modelle existieren die erlauben die bildgebende Dosis sinnvoll mit der Therapiedosis zu kombinieren. Die abgeschätzten Risiken sind deswegen als vereinfachte obere Abschätzung zu verstehen.

3. Empfehlung der KSR

Die Dosis von bildgebenden Anwendungen im Rahmen einer Strahlentherapie wurde lange Zeit vernachlässigt und wurde aus diesem Grund nicht quantifiziert. Die intensivierte Anwendung bildgebender Methoden in der Strahlentherapie hat zur Folge, dass Radio-Onkologen und Medizinphysiker nicht nur für die therapeutischen Dosen verantwortlich sind, sondern auch die Dosen aus der Bildgebung sorgfältig beurteilen müssen.

Die KSR empfiehlt den Radio-Onkologen und Medizinphysikern die IGRT-Methoden in der klinischen Praxis anwenden folgende sieben Massnahmen:

- (i) Für alle IGRT-Anwendungen soll eine patienten- oder indikationsspezifische Zusammenstellung der vor, während und nach der Behandlung eingesetzten bildgebenden Methoden durchgeführt werden.
- (ii) Diejenigen bildgebenden Methoden die potentiell mit anderen Verfahren ersetzt werden können welche ohne ionisierende Strahlung oder mit kleineren Strahlendosen auskommen, sollen klinisch nicht angewendet werden.
- (iii) Bildgebenden Methoden sollen mit kleinstmöglichen Strahlenfeldgrössen konfiguriert werden.
- (iv) Die Bildqualität soll sich immer nach den Anforderungen der für die Strahlenbehandlung notwendigen Information richten.
- (v) Nach der Optimierung des Bildgebungsprozesses sollen die für die Bildgebung notwendigen Dosen für den jeweiligen Patienten oder die jeweilige Indikation abgeschätzt werden.
- (vi) Auf der Basis von Dosisabschätzungen und mithilfe der Strahlenschutzrichtlinien sollen Risikoabschätzungen für den Patienten durchgeführt werden die sowohl das deterministische als auch das stochastische Risiko umfassen. Diese Abschätzungen müssen immer in Relation zur Therapiedosis interpretiert werden.
- (vii) Das Qualitätsmanagement für die verschiedenen IGRT-Modalitäten richtet sich nach der Strahlenschutzgesetzgebung, sowie nationalen und internationalen Empfehlungen.



PRISE DE POSITION DE LA CPR SUR L'APPLICATION DE TECHNIQUES D'IMAGERIE EN RADIO-ONCOLOGIE (IGRT)

1. Contexte

1.1 Introduction

L'utilisation de l'imagerie constitue un élément essentiel de la radiothérapie moderne et sert, pour l'essentiel, à bien positionner le patient, à localiser correctement la cible et à diriger précisément les rayons. Bien que les techniques d'imagerie diffèrent l'une de l'autre, elles impliquent toutes une exposition plus importante du patient aux rayonnements. Comme dans tout autre cas d'application de rayonnements dans un cadre médical, ce niveau d'exposition plus intense doit être dûment motivé. En imagerie diagnostique, les doses sont optimisées suivant le principe ALARA, autrement dit les doses reçues par les patients doivent être maintenues au niveau le plus faible possible. En radiothérapie guidée par l'image (*image-guided radiotherapy*, IGRT), la dose émise pour acquérir les images vient s'ajouter à une dose thérapeutique bien plus élevée encore. Il est vrai qu'une meilleure imagerie conduit à des rayonnements plus élevés, mais elle permet également d'en améliorer l'application. Il faut en tenir compte dans l'optimisation de la dose IGRT.

1.2 But de la prise de position

La prise de position de la CPR doit pour l'essentiel traiter les points suivants :

- (iii) estimation, à l'aide d'exemples concrets, du degré d'exposition aux rayonnements lors de traitements IGRT type, pour permettre aux radio-oncologues et aux médecins médicaux de se faire une idée de l'exposition et du risque auxquels sont soumis les patients ;
- (iv) recommandation de stratégies d'optimisation permettant de réduire l'exposition aux rayonnements lors de traitements par imagerie.

2. Aspects de l'IGRT

2.1 Exposition lors de traitements par IGRT

Les techniques d'imagerie impliquant des rayonnements ionisants sont utilisées en radio-oncologie à presque toutes les étapes du traitement. Toutefois, les sources de rayonnement et les systèmes de détection diffèrent fortement de l'une à l'autre. En outre, les doses appliquées dépendent largement de la technique employée par le fabricant de la machine ainsi que de la zone de localisation. Les valeurs présentées dans le tableau ci-après ne sont données qu'à titre indicatif. Pour obtenir des valeurs précises, les doses doivent être mesurées sur chaque appareil d'IGRT utilisé. A noter également que, pour évaluer les risques, la présente recommandation considère la dose nécessaire à l'imagerie indépendamment de la dose appliquée lors de la thérapie et que les estimations des doses effectives inhérentes à la technique d'imagerie doivent être comprises comme des valeurs-limite supérieures.

Etape	Technique d'imagerie utilisée	Dose effective estimée [mSv]
Planification de la thérapie	Tomodensitométrie (TDM)	10 à 20
	TDM en temps réel (prise en compte des mouvements respiratoires, TDM 4D)	max. 100 à 200
	Simulation de la thérapie : radioscopie	max. 100
Localisation et vérification	imagerie kV (deux clichés)	0,1 à 1
	imagerie MV (deux clichés)	0,5 à 5
	TDM cone beam kV	10 à 20
	TDM cone beam MV	20 à 50

Pour évaluer les doses reçues par un patient au cours d'une radiothérapie-type, deux scénarios sont élaborés :

Exemple de traitement	Technique d'imagerie utilisée	Dose absorbée [mGy]	Dose effective [mSv]
Thérapie en 30 fractions	TDM 4D simulation 30 x kV localisation suivi post-thérapeutique	1500	270
Thérapie en 30 fractions avec TDM cone beam	TDM 4D simulation 30 x cone-beam suivi post-thérapeutique	2500	870

2.2 Effets déterministes

Les doses locales appliquées par IGRT peuvent être de l'ordre de 2 Gy. Ces doses doivent être prises en compte dans la planification de la thérapie et être ajoutées à la dose appliquée pour la thérapie même, afin que les valeurs de tolérance pour les organes sensibles ne soient pas dépassées et ainsi éviter tout dommage déterministe.

2.3 Effets stochastiques

Les doses effectives émanant des techniques d'imagerie peuvent considérablement contribuer à l'induction du cancer. Pour les deux scénarios élaborés plus haut, l'un impliquant une dose effective de 270 mSv, l'autre de 870 mSv, en estimant le risque cumulé sur une vie à l'aide de la formule empirique de la radioprotection (5 %/Sv), on obtient un risque cumulé de cancer induit par les rayonnements de 1,4 % et 4,4 %. Il convient de souligner une fois encore que les modèles mathématiques en radioprotection ne peuvent être appliqués que de façon limitée, car il n'en existe aucun à l'heure actuelle qui permette de combiner judicieusement la dose liée à la technique d'imagerie et celle inhérente à la thérapie. Dans l'exemple ci-dessus, l'évaluation des risques se traduit donc par une valeur supérieure reposant sur un calcul simplifié.

3. Recommandations de la CPR

Les doses émises suite à l'utilisation de techniques d'imagerie lors d'une radiothérapie ont longtemps été ignorées et n'ont, pour cette raison, jamais été quantifiées. Le recours de plus en plus fréquent à de telles techniques implique aujourd'hui que les radio-oncologues et les physiciens médicaux ne sont plus uniquement responsables des doses appliquées dans le cadre de la thérapie, mais qu'ils doivent désormais aussi évaluer soigneusement les doses inhérentes à l'imagerie.

Par conséquent, la CPR recommande aux radio-oncologues et aux physiciens médicaux recourant à la radiothérapie guidée par l'image dans le cadre de leur activité clinique de respecter les sept mesures suivantes :

- (viii) Pour toutes les applications IGRT, il faut effectuer un récapitulatif, en fonction du patient ou de l'indication thérapeutique, des techniques d'imagerie qui seront employées avant, pendant et après le traitement.
- (ix) Les techniques d'imagerie qui peuvent être remplacées par d'autres procédés n'impliquant pas de rayonnements ionisants ou des doses plus faibles ne doivent pas être mises en œuvre sur le plan clinique.
- (x) Les techniques d'imagerie doivent être configurées pour émettre le faisceau de rayonnements le moins large possible.
- (xi) La résolution de l'image dépend toujours du degré d'information nécessaire pour effectuer la radiothérapie.
- (xii) Après optimisation du processus d'imagerie, les doses nécessaires à l'acquisition d'images doivent être évaluées en fonction de chaque patient ou de chaque indication.
- (xiii) Sur la base des doses évaluées et à l'aide des directives en matière de radioprotection, l'estimation du risque menée pour chaque patient doit englober aussi bien les effets déterministes que les effets stochastiques. Cette estimation doit toujours être interprétée en corrélation avec les doses inhérentes à la thérapie.
- (xiv) La gestion de la qualité relative aux différentes modalités IGRT est conforme à la législation en matière de radioprotection ainsi qu'aux recommandations nationales et internationales du domaine.