Résumé:

Les techniques de radiothérapie à modulation d'intensité (IMRT) avec des distributions de dose hautement conformes et des gradients de dose élevés sont la norme pour la radiothérapie (RT) des tumeurs de la tête et du cou (HN). La radiothérapie guidée par l'image garantit le positionnement correct du patient et permet de surveiller les changements quotidiens de la tumeur et des tissus normaux. Cependant, l'adaptation du plan est un processus qui prend du temps. Pour faciliter la RT adaptative (ART), des solutions d'intelligence artificielle ont été explorées.

L'objectif de cette thèse était d'étudier différentes solutions pour améliorer le flux de traitement des patients atteints de cancer HN et faciliter la mise en œuvre de la RT adaptative. Nous avons étudié différentes méthodes de contourage automatique d’images CT, à l’aide planification automatique du traitement (auto-planning), et de stratégies d'ART basées sur des images de tomographie à faisceau conique (CBCT).

Tout d'abord, nous avons évalué un algorithme d'optimisation multicritères (MCO) a priori pour l’auto-planning, basé sur l'élaboration d'une "liste de souhaits". En moins d'une heure, la solution d'auto-planification a permis d'obtenir des plans cliniquement acceptables avec une meilleure préservation des organes à risque (OARs) par rapport à la planification manuelle. Ensuite, 6 solutions ont été évaluées et comparées pour le contourage automatique de 14 OARs et de 3 niveaux de ganglions lymphatiques. Globalement, les solutions d'apprentissage profond étaient supérieures aux méthodes basées sur l'atlas, et le temps nécessaire pour effectuer des corrections manuelles était en moyenne <25min. Enfin, 4 méthodes ont été évaluées et comparées pour générer des images pseudo ou synthétiques à partir d’images CBCT. Les résultats ont montré que la méthode du recalage d'image déformable était la meilleure en termes de précision d'image et de calcul de dose.

En conclusion, en utilisant les méthodes proposées, nous pouvons réduire le flux de travail de l'ART de 7h à 1h35min. L'intervention humaine est encore nécessaire et souhaitable, mais les aspects étudiés sont des points clés pour l'ART des patients HN.

Abstract:

Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) techniques with highly conformal dose distributions and steep dose gradients are the standard for radiotherapy (RT) of head-and-neck (HN) tumors. Image-guided RT ensures the correct patient positioning and allows monitoring of the daily tumor and normal tissue changes. However, plan adaptation is a time-consuming process. To facilitate adaptive RT (ART), artificial intelligence (AI) solutions have been explored.

The goal of the Ph.D. was to investigate different solutions for improving the treatment workflow of HN cancer patients and the facilitate implementation of ART. We investigated automatic segmentation of CT images, with the use of automated treatment planning (auto-planning), and we studied ART strategies based on cone-beam CT (CBCT) images.

First, an a priori multicriteria optimization (MCO) algorithm for auto-planning based on the elaboration of a “wish-list” was evaluated. In <1h, the auto-planning solution provided clinically acceptable plans with better sparing of the organs-at-risk (OARs) compared with manual planning. Secondly, 6 solutions were evaluated and compared for automatic contouring of 14 OARs and 3 lymph node levels. Overall, the deep learning solutions were superior to atlas-based methods, and performing manual corrections was on average <25min. Lastly, 4 methods were evaluated and compared for generating pseudo or synthetic-CT images from the daily CBCT images. Results showed that the deformable image registration method was the best in terms of both image accuracy and dose calculation accuracy.

In conclusion, by using the proposed methods, we can achieve a reduction of the ART workflow from 7h down to 1h35min. The human intervention is not yet to be overlooked, however, the aspects investigated are key points for ART of HN patients.