



Disponible en ligne sur
SciVerse ScienceDirect
 www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
 www.em-consulte.com



Mise au point

Imagerie stéréotaxique et diagnostique en radiochirurgie

Stereotactic and diagnosis imaging in radiosurgery

J.-A. Lotterie^{a,*,f}, P. Duthil^a, A.-C. Januel^b, A. Redon^{a,c}, D. Menegalli^d, S. Blond^e, I. Latorzeff^{a,c}

^a Centre régional de radiochirurgie, hôpital Rangueil, CHU de Toulouse, 1, avenue du Professeur-Jean-Poulhès, 31059 Toulouse, France

^b Service de neuroradiologie, hôpital Purpan, CHU de Toulouse, place du Docteur-Baylac, 31059 Toulouse, France

^c Groupe Oncorad Garonne Pasteur, bâtiment Atrium, 6, rue de la Petite-Vitesse, 31300 Toulouse, France

^d Service de neurochirurgie, hôpital Nord Laënnec, CHU de Nantes, boulevard Jacques-Monod, Saint-Herblain, 44093 Nantes, France

^e Service de neurochirurgie, CHU de Lille, 2, avenue Oscar-Lambret, 59037 Lille, France

^f Inserm UMR 825, CHU Purpan, place du Docteur-Baylac, 31059 Toulouse, France

INFORMATION

Historique de l'article :

Reçu le 9 septembre 2011

Reçu sous la forme révisée

le 9 septembre 2011

Accepté le 29 septembre 2011

Mots clés :

Radiochirurgie

Imagerie

Recalage

Précision géométrique

Localisation

Keywords:

Radiosurgery

Imaging

Registration

Geometric accuracy

Localization

RÉSUMÉ

Les progrès constants de l'imagerie médicale et singulièrement de l'imagerie par résonance magnétique ont permis de profonds gains qualitatifs dans la planification de radiochirurgie et de radiothérapie stéréotaxique. L'objet général de cet exposé est de discuter l'intégration des modalités d'imagerie médicale dans les processus de planification. Les principes d'algorithmes génériques de calcul des coordonnées stéréotaxiques sont traités aussi bien en imagerie tomographique qu'en imagerie de projection par rayons X et leurs précisions sont analysées au travers d'une synthèse de la littérature. Les fondements algorithmiques et les performances des méthodes de recalage automatique intermodalité sont développés. Enfin, les principales séquences d'IRM utiles à la planification et au suivi sont exposées, ainsi que la place des séquences angiographiques d'IRM par rapport à l'angiographie classique par rayons X dans le cas particulier de la planification des malformations artérioveineuses.

© 2012 Société française de radiothérapie oncologique (SFRO). Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

ABSTRACT

Constant progress in medical imaging and particularly magnetic resonance imaging has profound impact in planning for stereotactic radiosurgery and radiotherapy. The purpose of this paper is to discuss the integration of medical imaging modalities in the planning process. Principles of generic algorithms to calculate stereotactic coordinates are treated for tomographic imaging and digital subtraction angiography, and their accuracies are analyzed in a review of the literature. The algorithmic foundations and performance of automatic intermodality co-registration methods are developed. Finally, the MRI sequences useful in planning and follow-up are discussed and the role of MR angiographic sequences compared to conventional X-ray angiography in the particular case of the arteriovenous malformation planning.

© 2012 Société française de radiothérapie oncologique (SFRO). Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

1. Introduction

La pratique de techniques de radiochirurgie n'a pu se développer qu'au prix de méthodes garantissant une grande précision balistique et géométrique. Ces conditions sont encore principalement assurées par des systèmes de contention et de repérage invasifs qualifiés de cadres stéréotaxiques. Ils représentent une référence indiscutable de sécurité affirmée par un historique

dépassant le demi-siècle depuis les travaux pionniers de Lars Leksell. Les approches radiochirurgicales se sont développées sur deux grands types de dispositifs. Le système Gamma Knife® (Elekta Instrument™, Stockholm, Suède) est fondé sur l'irradiation isocentrique de multiples cibles à l'aide de rayons γ convergents issus de sources multiples, fixes et collimatées de cobalt 60. Les systèmes concurrents reposent sur des accélérateurs linéaires dont le principe de fonctionnement peut être assimilé à une source unique mobile dont les rayons X de haute énergie convergent habituellement sur une cible isocentrique unique. Dans les derniers développements, les faisceaux de rayons X sont collimatés selon des dispositifs munis de lames mobiles millimétriques, qualifiés de

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : lotterie.ja@chu-toulouse.fr (J.-A. Lotterie).

micromultilames, permettant d'optimiser la conformation en faisant correspondre la collimation du faisceau à la forme des contours de la lésion, selon l'angle de projection du faisceau. Cette approche est actuellement dominée par le système Novalis® (BrainLAB™, Heimstetten, Allemagne).

Les progrès constants de l'imagerie médicale et singulièrement de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ont permis de profonds gains qualitatifs dans l'estimation des contours des lésions mais aussi et surtout dans la définition anatomique des organes à risque à respecter. L'apport de cette modalité, aux côtés de la tomodensitométrie dont l'acquisition est imposée par les algorithmes de calcul utilisés par les divers systèmes dosimétriques, a nécessité le développement de méthodes de mise en correspondance géométrique des images. Cet objectif peut être accompli indirectement en utilisant l'intermédiaire géométrique du repère stéréotaxique. Il s'agit de la méthode historique, toujours mise en œuvre dans les dispositifs Gamma Knife®. Elle a pour principale limite d'imposer la pratique de toutes les acquisitions en conditions stéréotaxiques, quelle qu'en soit la modalité. La méthode alternative représentée par le recalage automatique intermodalité, beaucoup plus exigeante sur le plan algorithmique, ne doit son développement récent qu'aux progrès rapides des capacités de calcul permises par les stations de planification modernes.

Nous développerons successivement les exigences nécessaires aux acquisitions réalisées en conditions stéréotaxiques, les principes d'algorithmes génériques de calcul des coordonnées stéréotaxiques aussi bien en imagerie tomographique qu'en imagerie de projection par rayons X. Nous présenterons les contraintes spécifiques liées aux modalités IRM, dans une moindre mesure tomographie d'émission de positons (TEP), et leurs implications pour le calcul des coordonnées stéréotaxiques au travers d'une synthèse de la littérature. Nous exposerons les principes algorithmiques des méthodes de recalage intermodalité ainsi qu'une synthèse de la littérature concernant leurs performances. Nous présenterons les principales séquences utiles à la planification et au suivi. Nous discuterons enfin la place des séquences angiographiques d'IRM (angio-IRM) par rapport à l'angiographie conventionnelle par rayons X dans la planification des malformations artérioveineuses.

2. Cadre stéréotaxique

Le cadre stéréotaxique est un système invasif d'immobilisation capable de définir un espace cartésien tridimensionnel à partir de repères fiduciels externes. Le cadre est composé d'une base métallique rigide, de forme rectangulaire, surmontée de piliers verticaux. Deux sont placés en avant et deux autres en arrière. Leur fonction est de supporter des vis venant se fixer sur la table externe du crâne du patient (Fig. 1).

Les repères fiduciels externes sont portés par une boîte classiquement qualifiée de localisateur externe. Ce dernier est pourvu d'un système de fixation à la base du cadre. Il est équipé de détrompeurs ou d'une géométrie imposant une orientation unique et de ce fait éliminant toute possibilité d'erreur sur la position de l'origine du repère. Les repères placés sur chaque face ont soit une forme en N (Leksell™ ; BrainLAB™ ; Radionics™, Burlington, États-Unis), soit en V (Fischer™, Freiburg, Allemagne). Il existe deux types de localisateurs adaptés à la modalité d'imagerie tomographique. Dans le cas d'acquisitions tomodensitométriques, les repères fiduciels sont métalliques. En revanche, le localisateur utilisé pour les acquisitions par résonance magnétique est doté de repères tubulaires contenant une solution de sulfate de cuivre (CuSO_4) apparaissant en hypersignal sur l'ensemble des séquences (Fig. 2). Les repères fiduciels métalliques nécessaires à la localisation angiographique par rayons X forment un carré sur chaque face du localisateur. Ce

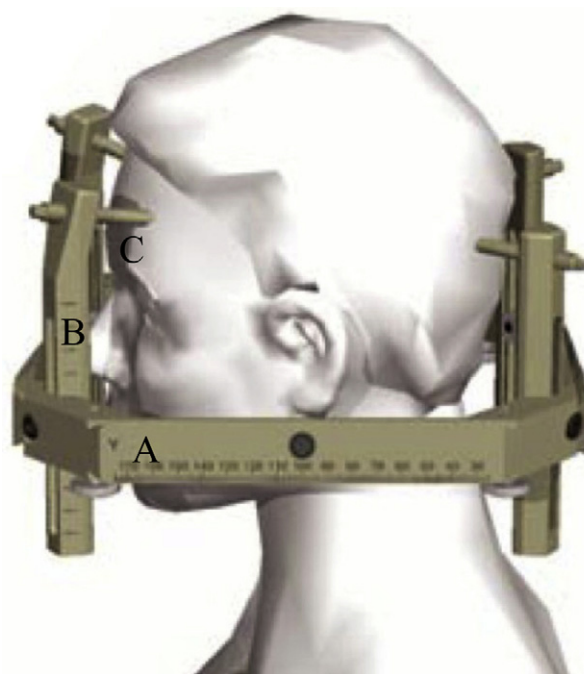


Fig. 1. Cadre stéréotaxique de Leksell (Elekta Instrument, Stockholm, Suède). A. Base du cadre. B. Pilier. C. Vis.



Fig. 2. Boîte des repères fiduciels pour IRM fixée sur la base du cadre Leksell (Elekta Instrument, Stockholm, Suède). Noter la forme en N des repères fiduciels tubulaires mises en évidence par les lignes pointillées noires. Deux lignes fiducielles ont une direction verticale et la troisième une direction oblique.

dernier est constitué, selon les constructeurs, soit de segments pleins et complets, soit de croix situées aux quatre angles.

Les systèmes de repérages utilisés en radiothérapie stéréotaxique fractionnée utilisent des localisateurs externes strictement comparables à ceux du cadre invasif. La seule différence réside dans la fixation de la base métallique rigide au crâne du patient, non plus par des vis invasives, mais par un masque thermoformé parfois complété par un appui ou une empreinte maxillaire.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/2118298>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/2118298>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)