

RTGI / Adaptive Gating

 **BrainLAB**
radiotherapy solutions



Dépassez vos limites en toute confiance

L'INNOVATION PAR LA RTGI

L'objectif de BrainLAB est clair : proposer les meilleures solutions de radiothérapie, alliant des traitements de pointe à des soins de qualité. Forte de son expérience de plus de dix ans dans la Radiothérapie Guidée par l'Image (RTGI), l'entreprise innove continuellement en matière de haute précision et d'efficacité, tandis que l'étendue des indications qu'elle permet de traiter connaît une forte croissance (crâne, rachis, poumon et foie).

A l'heure actuelle, BrainLAB conforte sa position en tête du marché des solutions de traitement stéréotaxique et de RTGI avec ExacTrac® X-Ray 6D, un système automatisé de positionnement du patient : localisation précise des tumeurs internes, correction, puis suivi en temps réel du positionnement du patient tout au long du traitement. ExacTrac® transformera votre accélérateur linéaire en une solution complète de RTGI, dotée d'une précision millimétrique élargissant l'éventail des indications traitées. Grâce à son innovation constante et sa forte expérience dans le développement de logiciels conviviaux d'imagerie et de ciblage, BrainLAB continuera dans le future à relever les défis technologiques et médicaux avec une longueur d'avance.

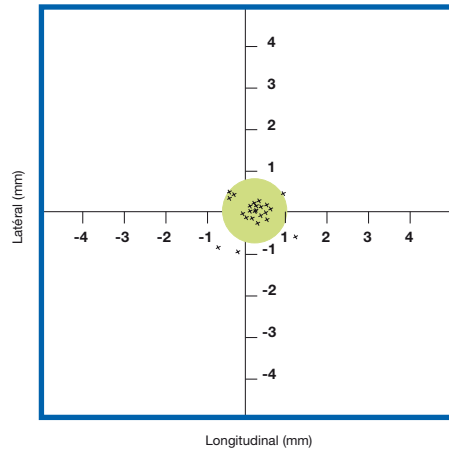


Diagramme de dispersion du positionnement latéral-longitudinal lors de multiples fractions.
Obtenu à partir des mesures du fantôme, suite à un positionnement par ExacTrac® X-Ray 6D – le niveau de confiance à 95% des données mesurées est représenté en vert. ¹

EXPERIENCE CLINIQUE

Comment délivrer en toute confiance une haute dose de traitement sur un volume défini ? La réponse à cette problématique des plus complexes de la radiothérapie est fournie par ExacTrac® X-Ray 6D. En l'an 2000, BrainLAB a ouvert la voie à l'utilisation clinique d'un système de positionnement guidé par l'image. Aujourd'hui, l'essai est transformé : plus de 65 institutions médicales de premier plan font confiance à ce système de positionnement par rayons X.

- 12 articles attestent déjà de l'extrême fiabilité des systèmes BrainLAB de RTGI par rayons X
- Chaque année, 2 000 patients, représentant plus de 15 000 fractions individuelles de traitement, bénéficient des avantages cliniques d'un positionnement de haute précision par ExacTrac®
- Eventail d'applications en rapide augmentation : indications pulmonaires, métastases hépatiques solitaires, tumeurs cérébrales, hépatiques ou rachidiennes et autres petites tumeurs récurrentes

PRECISION AU QUOTIDIEN

ExacTrac® X-Ray 6D permet de positionner l'isocentre de la tumeur avec une extrême précision, grâce à une technique de guidage par l'image :

"La précision du système peut être représentée par le vecteur moyen de déplacement dans l'espace, qui nous a confirmé ... une incertitude tridimensionnelle de 0,3 mm, avec des moyennes comprises entre 0,0 et 0,3 mm ..." **D. Verellen et al.**

"La précision d'un isocentre donné entre la simulation et la position réelle lors du traitement était de $1,36 \pm 0,11$ mm"² **S. Ryu et al.**

"Grâce aux ... techniques de localisation de la cible et au système de positionnement guidé par l'image, la déviation moyenne entre l'isocentre réel et l'isocentre planifié est de moins de 2 mm"³

F.F. Yin et al.

Références :

¹D.Verellen et.al.; AQ of a system for improved target loc. and patient set-up that combines real-time IR tracking and stereoscopic X-ray imaging; Radioth. and Onc. 67 (2003) 129-141 ²S.Ryu et.al.; Image-Guided and Intensity-Modulated Radiosurgery for Patients with Spinal Metastasis; CANCER April 15, 2003 / Volume 97 / Number 8 ³F.F. Yin et.al.; A technique of intensity-modulated radiosurgery IMRS for spinal tumors; Med. Phys. 29 (12), pp 2815-2822, (Dec 02)

PRECISION MILLIMETRIQUE EN DEUX MINUTES

PRECISION & CONFIANCE ACCRUES ...

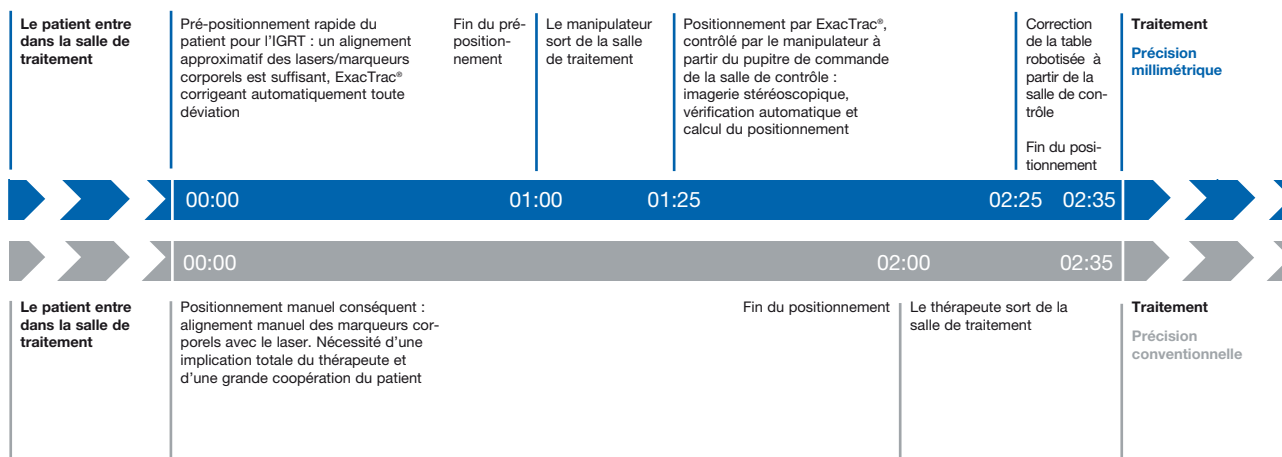
A partir de deux tubes radiogènes encastrés au sol de la salle de la salle de traitement et deux écrans plats de détection en silicium amorphe, le système ExacTrac® X-Ray 6D se repère aux structures anatomiques internes ou aux marqueurs implantés pour positionner le volume cible avec une précision millimétrique. Un système de caméras infrarouges assure en parallèle un monitoring continu de la position du patient tout au long du traitement.

- Précision de positionnement améliorée à 1-2 mm
- Durée du positionnement : 2 min, quel que soit le débit de dose
- Permet une optimisation des accélérateurs linéaires par une technique de RTGI, indépendamment de leur cycle standard de remplacement

... ORGANISATION & CAPACITE DE TRAITEMENT INCHANGEES

ExacTrac® a été spécialement conçu pour s'intégrer en toute simplicité dans votre structure, sans en modifier l'organisation. Le logiciel guide l'utilisateur tout au long d'un processus optimisé d'acquisition des images, de vérification du positionnement, puis de correction automatique par déplacement de la table. Pour une capacité de traitement inchangée, ExacTrac® vous offrira une précision de traitement inégalée.

EXACTRAC® IGRT



POSITIONNEMENT MANUEL CLASSIQUE



EXACTRAC® X-RAY 6D

FIABILITE AU QUOTIDIEN



RTGI : UN PROCESSUS STANDARDISE

Le système ExacTrac® X-Ray 6D automatise et standardise le positionnement du patient. La procédure en trois étapes formalise la vérification et la documentation du positionnement au quotidien, rendant le traitement de chaque patient et l'administration de chaque fraction en seront d'autant plus rapides. Le manipulateur en radiothérapie procède à l'ensemble de l'acquisition des données et la vérification à partir du pupitre de commande de la salle de contrôle : le gain de temps est indéniable.

1. IMAGERIE STEREOSCOPIQUE A HAUTE RESOLUTION

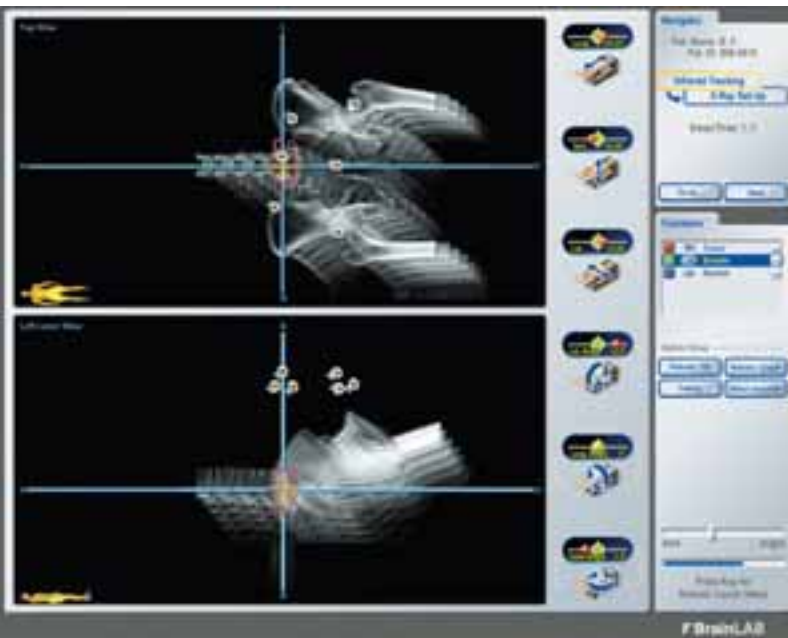
Les radiographies stéréoscopiques haute résolution sont immédiatement acquises, permettant ainsi de s'épargner le temps généralement nécessaire au positionnement exact de la gantry.

- Technologie d'acquisition radiographique indépendante de l'accélérateur linéaire, permettant une haute fiabilité de la précision
- Acquisition radiographique flexible, quelles que soient les positions de la table et de la gantry
- Obtention rapide de radiographies numériques reconstruites de référence (DRR – Digitally Reconstructed Radiographs)

2. VERIFICATION DU POSITIONNEMENT EN 6D

En quelques secondes, ExacTrac® analyse automatiquement les radiographies et calcule la position exacte du patient pour la fraction de traitement concernée. Le système indique alors les déplacements de la table nécessaires à l'alignement du volume cible du patient sur l'isocentre de l'accélérateur linéaire.

- Vérification assistée par ordinateur selon 6 dimensions
- Analyse constante de l'image : élimine toutes les inconstances des opérateurs, inévitables lors du positionnement manuel à partir des données de l'EPID (système d'imagerie portale)
- Vérification automatique du positionnement en une fraction de secondes, même lors de la phase d'irradiation
- Calcul des DRR de référence à partir des images TDM de planification, pour corrélation automatique avec les radiographies réelles



3. MONITORAGE CONTINU DU POSITIONNEMENT

La table robotisée ExacTrac® X-Ray 6D décale automatiquement le patient dans la position exacte de traitement. Un système de caméras infrarouges permet ensuite de vérifier la position en temps réel tout au long de la procédure. A tout instant du traitement, une précision millimétrique est ainsi garantie. En outre, des radiographies de contrôle et de documentation de la procédure peuvent être acquises à tout moment de l'irradiation.

- Notification automatique de tout déplacement du patient au-delà des seuils déterminés par l'utilisateur
- Rapport de positionnement avec documentation graphique complète lors de chaque fraction
- Technologie de suivi ExacTrac® : acquisition de radiographies durant le cycle respiratoire du patient, permettant une détection du déplacement du volume cible et un gating respiratoire adapté

POSITIONNEMENT AUTOMATISE DU PATIENT

Le système ExacTrac® est compatible avec la plupart des tables de traitement actuellement disponibles sur le marché. Il vient ainsi compléter les solutions de RTGI 6D avec la localisation, la vérification et le positionnement du patient. Dans ce contexte, l'interface ExacTrac® apporte la base d'un positionnement automatisé rapide et précis à l'échelle du millimètre, tandis que le module ExacTrac® Robotics permet une correction automatisée des erreurs d'inclinaison de la table. Le retour sur investissement est immédiat, le gain de temps considérable.

- Positionnement automatisé par rotation et déplacement selon les axes x,y et z
- Précision millimétrique du positionnement pour traitements stéréotaxiques et indications de radiothérapie par modulation d'intensité
- Interface ExacTrac® compatible avec tables Varian et Siemens
- ExacTrac® Robotics compatible avec la plupart des tables de traitement actuellement disponibles sur le marché
- Conception à la fois robuste, compacte et confortable pour le patient

ADAPTIVE GATING



Images diffusées avec l'aimable autorisation de l'hôpital Charité, Berlin, Allemagne

1. ACQUISITION DU MOUVEMENT INTERNE DE LA CIBLE

ExacTrac® Adaptive Gating* vous permet une RTGI précise de cibles mobiles. En corrélant des radiographies de haute précision à un système de suivi infrarouge externe, ExacTrac® détecte la trajectoire de la tumeur en 3D. Le logiciel intuitif automatise chaque étape du traitement : acquisition des radiographies en fonction du mouvement respiratoire, analyse des images et vérification, positionnement du patient, synchronisation du faisceau et suivi continu de la respiration tout au long du traitement.

- Détection 3D en temps réel du mouvement de la tumeur
- Solution de gating guidé par l'image ayant fait ses preuves en clinique ; totalement fiable pour des traitements de radiothérapie asservie à la respiration
- Précision millimétrique documentée

2. VERIFICATION PAR RAYONS X ET SYNCHRONISATION DU FAISCEAU

Le module ExacTrac® Adaptive Gating surveille le cycle respiratoire du patient en temps réel et en 3D. L'accélérateur linéaire est uniquement activé lorsque la tumeur se trouve exactement dans la position cible.

ExacTrac® Adaptive Gating garantit une fiabilité des plus élevées. A tout moment de l'irradiation, plusieurs radiographies de contrôle peuvent être acquises, quelle que soit la position de la gantry. Ainsi, l'utilisateur peut vérifier qu'en dépit du mouvement respiratoire, la cible du patient est toujours située sur l'isocentre lorsque la dose est réellement administrée.

- Durée totale d'une séance de radiothérapie asservie à la respiration : 20 à 35 min
- Technique de détection par infrarouge : réduction de la dose de rayons X absorbée par rapport à la fluoroscopie
- Compatible avec la plupart des accélérateurs linéaires Varian et Siemens

UNE UTILISATION AU QUOTIDIEN

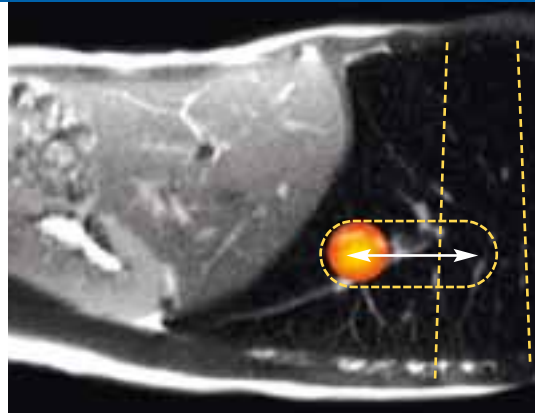
Jusqu'à présent, administrer une haute dose d'irradiation focalisée sur une tumeur sujette à un mouvement dû à la respiration était impossible. Aujourd'hui, ExacTrac® Adaptive Gating détecte en temps réel la trajectoire exacte d'une cible mobile, ce qui permet de synchroniser le déclenchement du faisceau sur le cycle respiratoire du patient.

ExacTrac® Adaptive Gating vous permettra une réduction drastique des marges de sécurité, élément déterminant dans la réussite des traitements d'indications hépatiques et pulmonaires. En traitement traditionnel, de larges marges sont en effet appliquées dans ces cas, afin de garantir que la dose atteignant la tumeur soit suffisamment élevée. Selon de récentes études, jusqu'à 50% des tissus sains peuvent être épargnés de toute irradiation grâce à la technique d'Adaptive Gating de BrainLAB¹. Les résultats sont éloquentes : diminution notable des effets secondaires pour des résultats de traitement optimisés.

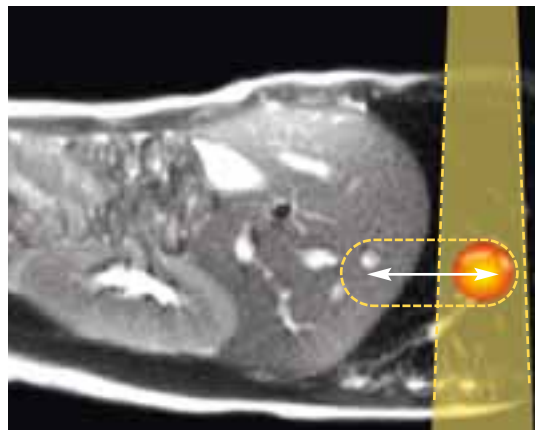
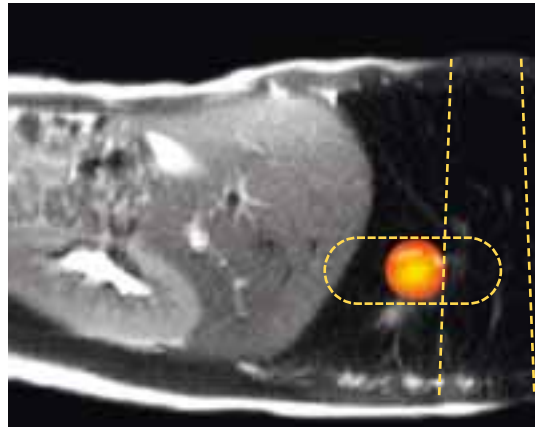
ADAPTIVE GATING – PARTENAIRES CLINIQUES

ExacTrac® Adaptive Gating est le fruit d'un partenariat de confiance entre BrainLAB et des institutions de renommée.

- Cleveland Clinic, Cleveland, OH, Etats-Unis
- Henry Ford Hospital, Detroit, MI, Etats-Unis
- MD Anderson, Orlando, FL, Etats-Unis
- UCLA, Los Angeles, CA, Etats-Unis
- AZVUB, Bruxelles, Belgique
- Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Allemagne
- Vrije University, Amsterdam, Pays-Bas



Inspiration : faisceau désactivé pour préserver les tissus sains



Expiration : faisceau activé pour irradier la tumeur

*Certification FDA depuis décembre 2003.

¹R. Underberg, et al.; VU Med. Canter Amsterdam, The Netherlands; Benefit of Respiration-Gated Stereotactic Radiotherapy for Stage I Lung Cancer ...; Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 62, No. 2, pp. 554-560, 2005

CAS CLINIQUE

TRAITEMENT DU CANCER DE LA PROSTATE AVEC RTGI PAR RAYONS X

Patrick Kupelian, M.D.;

M.D. Anderson Cancer Center, Orlando, FL, Etats-Unis

PATIENT

Patient âgé de 60 ans. Cancer de la prostate au stade T1c, score de Gleason 6/10, dosage de PSA 8,2 ng/ml. Radiothérapie conformationnelle par modulation d'intensité (RCMI) : 78 mGy administrés à la prostate et aux vésicules séminales en fractions de 2 Gy. Placement en transrectal par guidage ultrasons de trois marqueurs dans la prostate

ETAPES DU TRAITEMENT PAR RTGI

1. Prépositionnement du patient à l'aide des lasers et marqueurs corporels de BrainLAB. Les thérapeutes quittent la salle de traitement et contrôlent le positionnement à partir de la salle de contrôle.

2. Acquisition de deux radiographies haute résolution avant le traitement, afin de déterminer la position en 3D du PTV (à l'aide des marqueurs implantés).

3a. Avec marqueurs implantés : localisation des marqueurs sur les radiographies et calcul automatique du vecteur de correction de la position du patient.

3b. Sans marqueur implanté : vérification automatique en temps réel des radiographies "réelles" avec les DRR calculées par le système à partir des données TDM initiales de planification. L'algorithme implémenté par le logiciel se base sur l'anatomie osseuse pour aligner les radiographies "réelles" et les DRR et calculer les erreurs de rotation et de positionnement dans les plans x,y,z. Un thérapeute confirmé manipule le système et contrôle la procédure entièrement automatisée de vérification par l'image.

4. Les écarts de positionnement détectés sont ensuite corrigés par des translations automatisées de la table, guidées à distance, hors de la salle de traitement. Le positionnement de traitement a été guidé à l'aide du module infrarouge.

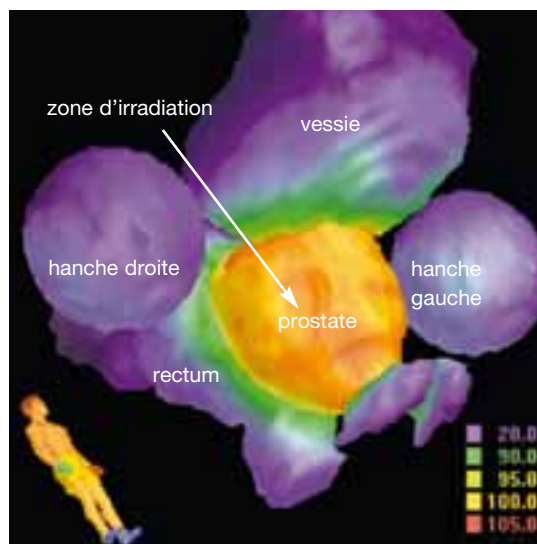
5. Administration de la dose par RCMI sous monitoring infrarouge constant.

DUREE NECESSAIRE AU POSITIONNEMENT

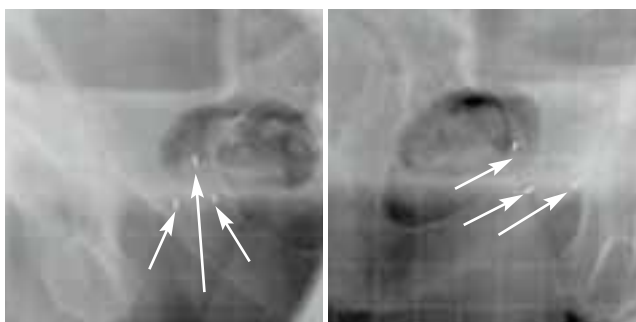
Au sein de notre institution, l'ensemble de la procédure de RTGI telle que décrite ci-dessus dure de 2 à 3 minutes environ. L'excellente précision du système nous a permis de réduire le nombre de mesures de vérification nécessaires au positionnement correct du patient. En raison de la rapidité du système, nous utilisons cette approche par RTGI pour l'ensemble de nos patients atteints de cancers de la prostate.

VERIFICATION POST-TRAITEMENT

Comparaison quotidienne avec les écarts obtenus lors des séances précédentes. Retour d'information aux oncologues : performance du positionnement et, si nécessaire, suggestions visant à l'amélioration des positionnements futurs. La documentation du positionnement et de l'accord clinique final peut être réalisée dans un format électronique ou papier.



Planification d'un traitement de la prostate par RCMI, en présupposant une précision millimétrique du positionnement



Radiographies stéréoscopiques numériques acquises juste avant le traitement, afin de visualiser l'anatomie interne ou la position des marqueurs implantés et de déterminer ainsi la position réelle du PTV

PRECISION DU SYSTEME DE POSITIONNEMENT

De nombreux rapports font état d'une précision d'environ 1 mm pour l'isocentre planifié, à l'aide du système de positionnement par rayons X de BrainLAB^{1,2}. Nos tests de précision se conforment à ces résultats.

Références :

¹Yan H, Yin FF, Kim JH; A phantom study on the positioning accuracy of the Novalis Body system. Med Phys. 2003 Dec; 30(12):3052-60

²Ryu S, Khan M, Yin FF, Concus A, Ajlouni M, Benninger MS, Kim JH; Image-guided radiosurgery of head and neck cancers. Otolaryngol Head Neck Surg. 2004 Jun;130(6):690-7

CAS CLINIQUE

TRAITEMENT D'UNE TUMEUR HEPATIQUE PAR GUIDAGE STEREOSCOPIQUE PAR RAYONS X ET ADAPTIVE GATING

Reinhard Wurm, M.D.

Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Allemagne

PATIENT

Patient âgé de 60 ans. Mai 2003 : diagnostic primaire d'un cancer rectal pT1pN0 (0/33), LO, V0, R0. 6 mois après la chirurgie : diagnostic de métastases hépatiques et traitement avec succès par chimiothérapie. Février 2005 : diagnostic de deux nouvelles tumeurs hépatiques. Décision : traitement du patient par radiothérapie stéréotaxique extracrânienne avec la technologie Adaptive Gating de BrainLAB, sous guidage stéréoscopique par rayons X durant le traitement. Placement sous guidage par échographie d'un marqueur spiralé à l'intérieur de la métastase hépatique. Radiothérapie stéréotaxique hypofractionnée, en sept faisceaux coplanaires individuellement conformés, soit une dose de 79,2 Gy à l'isocentre et une isodose à 80% englobant l'intégralité du volume cible. Dose administrée en 11 fractions, 5 fois par semaine. La marge de sécurité était de 5 mm dans toutes les directions.

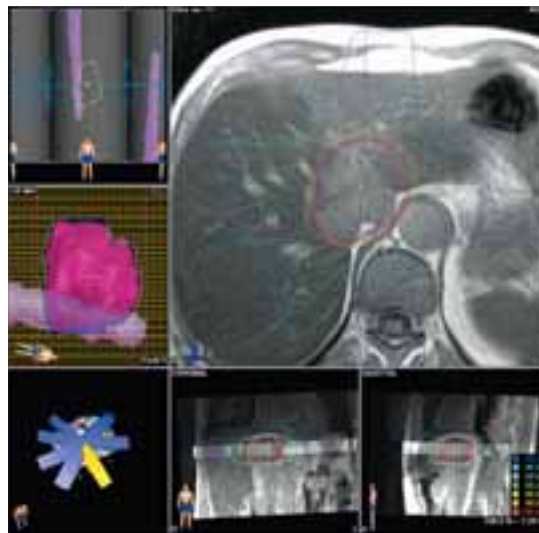
ADAPTIVE GATING : ETAPES DU TRAITEMENT

Déroulement classique de la radiothérapie asservie à la respiration à l'aide d'ExacTrac® :

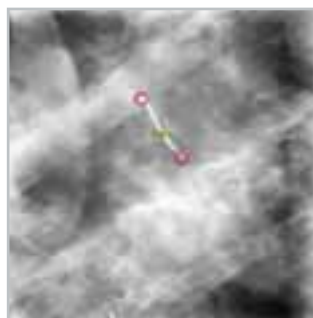
1. Prépositionnement automatique du patient à l'aide du module intégré ExacTrac®. Détection du cycle respiratoire du patient à l'aide d'un suivi infrarouge et de marqueurs corporels disposés sur sa poitrine.
2. Acquisition de trois paires d'images radiographiques haute résolution en des points définis du cycle respiratoire du patient, afin de déterminer la position en 3D et la trajectoire de la tumeur.
3. Calcul automatique du positionnement du patient pour le traitement et représentation visuelle de l'amplitude du déplacement de la tumeur.
4. Correction des erreurs détectées en appliquant les translations requises à l'aide de la table robotisée. Le positionnement est effectué à distance, hors de la salle de traitement, et guidé en temps réel à l'aide du système de détection infrarouge.
5. Définition de l'intervalle d'irradiation en fonction l'amplitude du déplacement de la tumeur et des marges de sécurité choisies pour le PTV.
6. Administration de la dose par la technique Adaptive Gating de BrainLAB, avec contrôle automatique des temps d'irradiation/de repos. Monitoring par images radiographiques tout au long du traitement, afin de vérifier la position de la tumeur.

DUREE NECESSAIRE AU POSITIONNEMENT ET A L'IRRADIATION PAR ADAPTIVE GATING

L'ensemble du traitement par gating respiratoire guidé par l'image a duré environ 30 minutes. L'excellente précision du système nous a permis de réduire le nombre de mesures de vérification habituellement nécessaires au positionnement correct du patient. Le positionnement en 7D (trois axes de translation, trois axes de rotation et



Traitement stéréotaxique par Adaptive Gating d'une tumeur hépatique, planifié en pré-supposant une précision millimétrique de l'irradiation



Radiographies numériques stéréoscopiques acquises avant et pendant le traitement, afin de visualiser la position d'un marqueur implanté ; sert à déterminer la position en temps réel du PTV, l'amplitude du mouvement de la tumeur et le champ d'irradiation

l'axe temporel) et la synchronisation de la dose en fonction de la respiration nous ont permis de réduire les marges de sécurité normalement appliquées pour compenser les erreurs de positionnement et le déplacement du volume cible. Dans un récent rapport, la précision moyenne du positionnement du patient était d'environ 1 mm en utilisant le système de positionnement stéréoscopique par rayons X^{1,2}. Grâce à la technique d'Adaptive Gating de BrainLAB, des précisions de positionnement comparables peuvent désormais être obtenues dans le cas de cibles mobiles.

Références :

- ¹Yan H, Yin FF, Kim JH. A phantom study on the positioning accuracy of the Novalis Body system. Med Phys. 2003 Dec;30(12):3052-60
- ²Ryu S, Khan M, Yin FF, Concus A, Ajlouni M, Benninger MS, Kim JH. Image-guided radiosurgery of head and neck cancers. Otolaryngol Head Neck Surg. 2004 Jun;130(6):690-7

France
+33 0 1 55 68 10 75
fr_sales@brainlab.com

Allemagne
+49 89 99 15 68 0
de_sales@brainlab.com

Etats-Unis
+1 800 784 7700
us_sales@brainlab.com

Hong Kong
+852 2417 1881
hk_sales@brainlab.com

Australie / Nouvelle Zélande
+61 02 9006 1657
au_sales@brainlab.com

Brésil
+55 11 3256 8301
br_sales@brainlab.com

Chine
+86 10 6708 3937
cn_sales@brainlab.com

Corée
+82 2 773 1712
kr_sales@brainlab.com

Espagne
+34 91 329 44 31
es_sales@brainlab.com

Inde
+91 11 5166 2494
in_sales@brainlab.com

Italie
+39 02 86 33 77 07
it_sales@brainlab.com

Japon
+81 3 5733 6275
jp_sales@brainlab.com

Malaisie
+603 2169 7752
my_sales@brainlab.com

Moyen-Orient
+971 4 391 48 13
me_sales@brainlab.com

Royaume-Uni
+44 1223 597817
uk_sales@brainlab.com

