

Tomotherapie in het UZ Brussel: integratie van IMRT en IGRT

Auteurs: D. Verellen, G. Storme

UZ Brussel

Situering

Tomotherapie is een nieuwe ontwikkeling in het leveren van stralingsdosis in radiotherapie. De naam "tomotherapy" betekent letterlijk 'schijftherapie', afkomstig van de naam tomografie (Computed Tomography of CT) of dwarsdoorsnede beeldvorming [5]. Het TomoTherapy Hi-Art System[®] geeft op een heel gesofistikeerde manier intensiteitsgemoduleerde radiotherapie (IMRT) [3] in combinatie met een zeer nauwkeurige tumorlokalisatie dankzij de ingebouwde CT-beeldvormingsmodaliteit. Het toestel ziet eruit als een CT-systeem (figuur 1): de patiënt ligt op een bewegende tafel die door een continu draaiende ringvormige opening of 'gantry' gaat. De 'gantry' bevat een lineaire deeltjesversneller die een waaier van penseelvormige stralingsbundels (6 MV) opwekt terwijl het toestel draait. Doordat de tafel en de 'gantry' samen bewegen, krijgt men een helisch patroon (soms ook wel spiraalvormig genoemd) rond de patiënt. Door de intensiteit van deze penseelbundels te coördineren met de rotatiesnelheid van de gantry en de tafelsnelheid verkrijgt men een optimale bestraling van de tumoren en een minimale dosis op het gezond weefsel ("dose painting"). Bovendien heeft het systeem een rij detectoren tegenover de stralingsbron wat toelaat om net zoals in een CT-scanner anatomische CT beelden op te nemen met bijna diagnostische kwaliteit (megavolt CT). Dit laatste stelt ons in staat om de patiënt te positioneren met een millimeterprecisie net voor de behandeling, m.a.w. beeldgestuurde patiëntenpositionering of image-guided radiotherapy (IGRT). Tot slot, kunnen deze detectoren gebruikt worden om tijdens de behandeling de dosis te meten en als dusdanig de behandeling optimaal op te volgen.

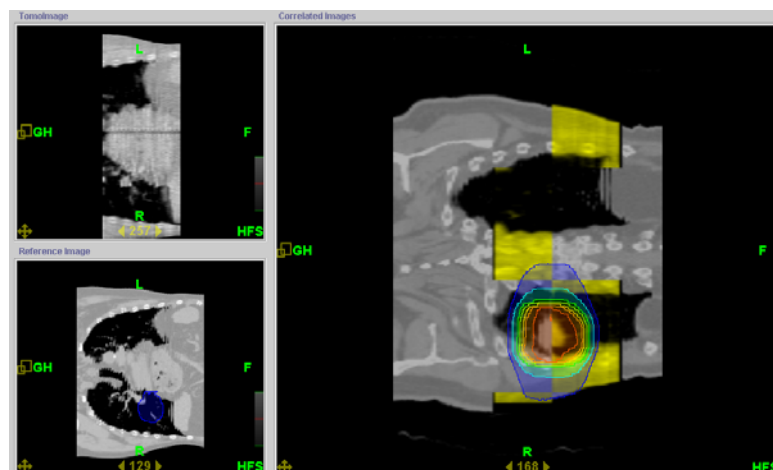


Figuur 1: Het TomoTherapy systeem op de dienst radiotherapie in het UZ Brussel. De illustratie links toont de voorbereiding bij de behandeling van hoofd-hals tumoren. Rechts het systeem zonder beschermingsplaten, een illustratie van de technologische complexiteit van het systeem.

Intensiteitsgemoduleerde radiotherapie (IMRT) is een ontwikkeling die gestuurd wordt door het tweevoudige streven in radiotherapie om enerzijds de stralingsdosis in het doelvolume te maximaliseren en anderzijds de stralingsdosis in omliggende gezonde weefsels te minimaliseren. Concreet houdt dit in dat men een maximale tumorcontrole nastreeft met een minimale toxiciteit en aandacht voor de levenskwaliteit van de patiënt. IMRT is niet

nieuw en het laatste decenium zijn er meerdere ontwikkelingen geweest om bestaande bestralingstoestellen aan te passen om IMRT oplossingen mogelijk te maken [2]. Gelijktijdig zijn er ook ontwikkelingen geweest in beeldgestuurde radiotherapie (IGRT) waarbij erkend werd dat IMRT nutteloos is zonder een zeer nauwkeurige positionering van het doelvolume tijdens de behandeling [10,13]. Het UZ Brussel heeft steeds een pioniersrol gespeeld in beide evoluties, met een Europese primeur in het klinisch gebruik van tomotherapie (en IMRT) op een aangepaste lineaire versneller (juni 1995) [4,7,8] alsook bij de ontwikkeling (en dus wereldprimeur in 2001) van een stereoscopisch x-stralenbeeldvormingstechniek in combinatie met een gerobotiseerde behandelingstafel (het NOVALIS® systeem) [6,9,13]. Dit laatste laat toe om zowel craniële als extra-craniële lokalisaties te bestralen met millimeterprecisie en zelfs een ademhalingsgesynchroniseerde behandeling uit te voeren bij longtumoren [11,12]. Het probleem bij deze, en ook andere gelijkaardige, ontwikkelingen is dat men steeds uitging van bestaande apparatuur en de nodige aanpassingen aanbracht wat uiteraard niet ideaal is (het materieel was oorspronkelijk niet ontworpen voor deze toepassingen). Het TomoTherapy Hi Art System® is uniek daar het bij aanvang ontworpen werd om zowel IMRT als IGRT toe te laten [1,5] (Fig. 2).

Het wetenschappelijk onderzoek in het departement radiotherapie van het UZ Brussel heeft steeds de nadruk gelegd op “translational research” in die zin dat de ontwikkeling onmiddellijk klinisch toepasbaar moet zijn in het belang van de patiënt. Een belangrijk van deel van het onderzoek spitst zich dan ook toe op de kwaliteitsborging en klinische implementatie van nieuwe technologie en de introductie van het TomoTherapy Hi-Art System® illustreert dit streven. Bovendien sluit deze technologie mooi aan bij het lopende onderzoek in de combinatie van IMRT en IGRT. Het eerste commercieel beschikbare toestel werd in juli 2003 klinisch ingebruik genomen aan de universiteit van Wisconsin en de eerste unit in het UZ Brussel, geïnstalleerd in juni 1995, was het 2^{de} toestel in Europa. Onlangs (mei 2006) werd een 2^{de} unit geïnstalleerd in het UZ Brussel dat dienst zal doen als opleidingstoestel in het kader van een Europees trainingscentrum voor tomotherapie. Bovendien zal het UZ Brussel instaan voor de ontwikkeling van dosisreconstructie op basis van transmissiemeting (Het visualiseren van de toegediende stralingsdosis tijdens de behandeling zelf, zie ook figuur 2) en een prototype dat zich toespitst op de behandeling van borstcarcinoma.



Figuur 2: Illustratie van een registratie van de klassieke CT-beelden (links onderaan) en de megavolt CT beelden opgenomen op het TomoTherapy system net voor de behandeling (links boven en geel in het centrum). De klassiek CT beelden representeren de ideale positie van de patiënt en de registratie van megavolt CT met klassieke CT stelt het toestel in staat om de patiënt met millimeter-precisie te positioneren vooraleer de behandeling te starten. Merk tevens op dat de tumor (een longtumor in dit geval) perfect gevisualiseerd kan worden alsook de geplande dosisverdeling. Dit laatste laat toe om visueel te verifiëren dat de stralingsdosis correct zal toegediend worden.

In het kader van TomoTherapy heeft het UZ Brussel een goede samenwerking met de Universit  Catholique de Louvain (UCL) waar het systeem in december 2005 werd geïnstalleerd en met de Universiteit Gent in het kader van multicenter vergelijkingsstudies rond dosimetrie en behandelingstechnieken.

Voor meer informatie kan men steeds contact opnemen met de dienst Radiotherapie van het UZ Brussel:

UZ Brussel, Radiotherapie,
Laarbeeklaan 101,
B-1090 Brussel, België

Tel.: +32.2.477.61.44

Mail: Prof. Dr. G. Storme: conrseg@az.vub.ac.be
Prof. Dr. D. Verellen: conrvnd@az.vub.ac.be
Dr. M. De Ridder: mark.deridder@az.vub.ac.be
Dr. M. Voordeckers: conrvsm@az.vub.ac.be
Lic. K. Tournel: conrtlk@az.vub.ac.be

Referenties

1. Beavis AW. Is tomotherapy the future of IMRT? *Br J Radiol* 2004; 77(916): 285-295.
2. Bortfeld T *et al.*, Image guided IMRT, Springer-Verlag, Berlin, 2005
3. Brahme A. Optimization of stationary and moving beam radiation therapy techniques. *Radiother Oncol* 1988; 12: 129-140
4. Linthout N, Verellen D, Bel A, *et al.* La radiothérapie conformationnelle: l'approche par tomothérapie. *Cancer Radiothérapie*. 2000; 4: 433-442.
5. Mackie TR, Holmes T, Swerdloff S, Reckwerdt P, Deasy JO, Yang J, Paliwal B, Kinsella T. Tomotherapy: A new concept for the delivery of dynamic conformal radiotherapy. *Med Phys* 1993; 20(6): 1709-1719.
6. Soete G, Verellen D, Michielsen D, Vinh-Hung V, Van de Steene J, Van den Berge D, De Roover P, Keuppens F, Storme G. Clinical use of stereoscopic x-ray positioning of patients treated with conformal radiotherapy for prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 54(3): 948-952.
7. Verellen D, Linthout N, Van den Berge D, Bel A and Storme G. Initial Experience with Intensity-Modulated Conformal Radiation Therapy for Treatment of the Head and Neck Region. *Int J. Radiat Oncol Biol Phys* 1997; 39(1): 99-114.
8. Verellen D, Linthout N, Soete G, *et al.* Considerations on Treatment Efficiency of Different Conformal Radiation Therapy Techniques for Prostate Cancer. *Radiother. Oncol.* 2002; 63: 27-36.
9. Verellen D, Soete G, Linthout N, *et al.* Improved Target Localization and Patient Set-up by Combining Real-time Infrared Tracking and Stereoscopic X-ray Imaging. *Radiother Oncol* 2003; 67: 129-141.
10. Verellen D. Image Guided Patient Set-up *in* Image-guided IMRT: Concepts and Clinical Applications, Springer-Verlag, Berlin, Ed. T. Bortfeld, R. Schmidt-Ulrich, W. De Neve; 2005.
11. Verellen D, Tournel K, Linthout N, Soete G, Wauters T, Storme G. Importing measured field fluences into the treatment planning system to validate a breathing synchronized DMLC-IMRT irradiation technique. *Radiother Oncol* 2006; 78: 332-338.
12. Verellen D, Tournel K, Van de Steene J, Linthout N, Wauters T, Vinh-Hung V, Storme G. Breathing synchronized irradiation using stereoscopic kV-imaging to limit influence of interplay between leaf motion and organ motion in 3D-CRT and IMRT: Dosimetric verification and first clinical experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 66(4 Suppl): 108-119.
13. Verellen D, Soete G, Linthout N, Tournel K, Storme G. Optimal control of set-up margins and internal margins for intra- and extracranial radiotherapy using stereoscopic kilovoltage imaging (review). *Cancer/Radiothérapie* 2006; 10: 235-244.