

Master of Science Thesis
HT2021

Surface Guided Helical Tomotherapy for Total Marrow Irradiation

Hedda Enocson

Supervisors

Sofie Ceberg, Per Engström, André Änghede Haraldsson, Malin Kügele, Jacob Engellau, Lund

π

Medical Radiation Physics, Lund
Faculty of Science
Lund University
www.msf.lu.se

Populärvetenskaplig sammanfattning

Leukemi kallas ibland blodcancer för att det drabbar de vita blodkropparna. I själva verket uppstår cancersjukdomen i de blodbildande organen, främst benmärgen och mjälten. Cellgiftsbehandling är den främsta behandlingstekniken men för patienter med hög risk för sjukdomsåterfall kan stamcellstransplantation vara aktuellt som del i behandlingen som ges i kombination med strålbehandling. Strålbehandlingens syfte är att slå ut resterande tumörceller efter cellgiftsbehandlingen samt hämma patientens immunförsvar så att de nya transplanterade stamcellerna kan etablera sig.

Strålbehandling är en viktig behandlingsmetod för cancersjukdomar och har som syfte att slå ut cancertumörer, bromsa cancersjukdom eller lindra symptom. Traditionellt har strålbehandling getts med statiska strålfält från olika vinklar inriktade mot tumörområdet. Ny teknik har möjliggjort dynamiska behandlingar där stråldosen levereras samtidigt som strålkällan roterar runt patienten och strålfältet kontinueligt formas efter tumörvolymen och anpassar intensiteten av strålfältet. Denna behandlingsteknik kan bespara närliggande friska organ från stråldos och dominerar strålbehandling idag. Strålbehandlingen planeras utifrån en skiktröntgenbild. Det kliniska målområdet för strålbehandlingen benämns CTV, clinical target volume. Denna volym omsluter den synbara tumören samt eventuella närliggande mikroskopiska maligniteter. Till CTV appliceras en marginal för att skapa volymen PTV, planning target volume. Genom att bestråla PTV säkerställer man tillräcklig dos till CTV. Storleken på marginalen beror på osäkerheter i CTVs position vid behandling. CTV och PTV utlinjeras av en läkare och överlämnas sedan till en dosplanerare som skapar behandlingsplanen. Planen optimeras så att dosen till PTV är tillräcklig medan dosen till riskorgan minimeras.

Strålbehandling inför stamcellstransplantation för högrisk leukemi har traditionellt getts som en TBI (total body irradiation) där hela patientens kropp behandlas för att nå målvolymen, benmärgen. TBI ges med statiska fält där hela patienten placeras i strålfältet. Ofta placeras blyblock framför lungorna för att minska dosen, men övriga riskorgan besparas inte. Behandlingen kan ge både akuta och sena biverkningar till organ som lungor, njurar, tarmar och linser. Ny teknik har möjliggjort en annan typ av behandling för leukemi, TMI (total marrow irradiation) där blodbildande organ och delar av kroppen där leukemiceller kan undkomma cytostatikaeffekter är målvolymen, främst benmärgen, och dosen till frisk vävnad kan minskas. Behandlingstekniken kallas helisk tomoterapi och skiljer sig från konventionell strålbehandling. Patienten ligger på en brits som sakta åker genom en maskin där strålkällan roterar kring patienten samtidigt som strålfältet formas efter målvolymen. Patienten bestrålas ett skikt i taget och strålen 'målar' ett helisk mönster av dos. Tomoterapi är fördelaktig för långa och komplicerade målvolymer och är därför en utmärkt teknik för TMI. Med TMI har man sett en minskning av biverkningar samtidigt som en lika god tumöreffekt kan bibehållas jämfört med TBI.

Vid varje behandlingstillfälle är det viktigt att patienten är positionerad likadant som när behandlingen planerades. För att åstakomma detta skapar man individuella fixationer som fästs i behandlingsbritsen. Fixationen kan bland annat bestå av en vacuumpåse gjuten för att följa patientens kropp och en mask för att hålla huvud och axlar på plats. Punkt tatueringar på patientens kropp och lasrar i rummet används för att positionera patienten på britsen. I behandlingsrummen har man dessutom ofta ett optiskt ytskanningssystem. Genom att projicera synligt ljus på patienten och detektera hur ljuset reflekteras kan man räkna ut en 3-dimensionell yta över patienten. Denna yta kan både användas som övervakning under behandlingen för att säkerställa att patienten inte rör sig men även för positionering av patienten. Genom att jämföra ytan med en referensyta från när behandlingen planerades kan patienten positioneras likadant vid varje behandlingstillfälle. Efter det att patienten positionerats tas ofta skiktröntgenbilder som jämförs med referensbilden för att verifiera patientens position. I detta examensarbete har positioneringen med optisk ytscanning utvärderats och jämförts med konventionell tatuerings positionering för patienter som genomgår TMI behandling. Resultatet har visar att ytskanning är ett användbart verktyg för att för att förbättra patient positioneringen. Med hjälp av ytscanningen kan osäkerheterna i patientpositioneringen reduceras, behandlings marginalen minskas och i sin tur stråldosen till frisk vävnad minimeras.

Abstract

Background: Total marrow irradiation (TMI) with helical tomotherapy treatment (HT-TMI) can be used as conditioning regimen for leukemia patients prior to stem cell transplantation by radiating the skeletal tissue. To ensure adequate dose coverage a margin is applied to the clinical target volume (CTV), i.e., planning target volume (PTV) margin. By applying as small margin as possible, the dose to organs at risk (OAR) is minimized. The PTV margin depends on the positioning deviation of the CTV. To aid accurate positioning, (on the couch prior to irradiation) an optical surface scanning system (OSS) can be used. By projecting visual light onto the patient surface and detecting the reflective light, the position of the patient can be calculated. The live surface is compared to a reference surface, i.e., the planned position, and any deviations can manually be corrected for. This application is called surface guided radiotherapy (SGRT).

Purpose: The purpose of this study was to investigate if SGRT, in comparison to 3-point localization, for HT-TMI can improve patient positioning and allow for smaller PTV margins that may reduce the dose to OARs.

Method and Material: A method was developed to position TMI patients using SGRT (Catalyst HD +, C-RAD, Positioning AB, Uppsala) on a Tomotherapy unit (Radixact, Accuray Inc., Madison, WI, USA). Four patients treated during October to December 2021 were included in the study. The patients were positioned using the developed surface guided method and the treatment margins were evaluated. The positioning deviations for the patients positioned using SGRT were retrospectively compared with the deviation observed for 16 TMI-patients previously treated and positioned using 3-point localization at another Tomotherapy unit (TomoTherapy, Accuray Inc., Madison, WI, USA). All patients were immobilized using full body vacuum bags and five-point open face mask and were treated with the same PTV margins. For both groups the margins were recalculated based on systematic and random set-up deviations measured from daily imaging. The target was divided into sub-CTVs for different body parts and treated separately when calculating the margin. The margin calculations were based on a population-based margin recipe derived by M. van Herk et al. 2000 to ensure a minimum dose to the CTV of 95% for 90% of the patients. The recipe was adjusted to be valid for treatments with few fractions. For the three patients positioned using SGRT, the calculated margins were evaluated by re-planning the treatment and comparing the dose to OARs. The reliability of the new margins was evaluated by recalculating the treatment plan onto the daily images and evaluating the 99.5% CTV dose coverage of the new plan in comparison to the original plan.

Result: The results imply that the positioning deviation decrease when using SGRT compared to conventional 3-point localization. The calculated margins were non-isotropic and could be decreased for skull, neck, thorax, pelvis and legs, however, kept the same for arms and increased in the vertical direction of the neck. When comparing treatment plans using the new margins with the original, the mean dose to OARs was reduced for the following organs: bladder, bowel bag, genitalia, heart, liver, kidneys, lungs, rectum. The median target coverage for $D_{99.5\%CTV}$ per fraction was 1.92 (range 1.81 – 1.94) Gy and 1.92 (range 1.71 – 1.94) Gy for the original plans and the new plans, respectively. In the $D_{99.5\%CTV}$ coverage no significant difference ($p<0.05$) was observed.

Conclusion: The developed method for Surface Guided Helical Tomotherapy for Total Marrow Irradiation can potentially improve patient positioning such that margins can be reduced which consecutively can reduce dose to OARs while maintaining target coverage.

Complete thesis:

https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=9099250&fileOId=9099251

