

Så kan strålbehandling

En markant utveckling har skett de senaste decennierna inom extern strålbehandling gällande avbildningsmetoder för att visualisera och verifiera patientens behandlingsposition¹⁻⁴. Detta möjliggör att den konforma dosfördelning som dagens avancerade behandlingsapparater kan producera verkligen hamnar exakt på tumören och därmed maximerar dosen till tumören och minimerar dosen till normal vävnad. Här beskriver **Kenneth Wikström**, sjukhusfysiker i Uppsala, den senaste utvecklingen av kunskapsläget på området.

Strålbehandlingsprocessen börjar med att avbilda patientens inre anatomi då patienten ligger i behandlingsposition. Ofta används datortomografi men ibland också magnetkamera för att bland annat få bättre mjukvävnadskontrast. Baserat på dessa bilder görs en individuell datorsimulering (dosplan) av behandlingen för att hitta bästa sätt att fokusera stråldosen till tumören. För att

ytterligare skona normalvävnad delas behandlingen oftast upp på flera tillfällen. Det är därför viktigt att patientens behandlingsposition går att återskapa på ett snabbt och effektivt sätt utan att kompromissa vad gäller noggrannhet. Traditionellt har hudmarkeringar och rumslasrar använts för att återskapa behandlingspositionen tillsammans med efterföljande verifiering med någon form av avbildningsmetod.

ges ännu mer exakt

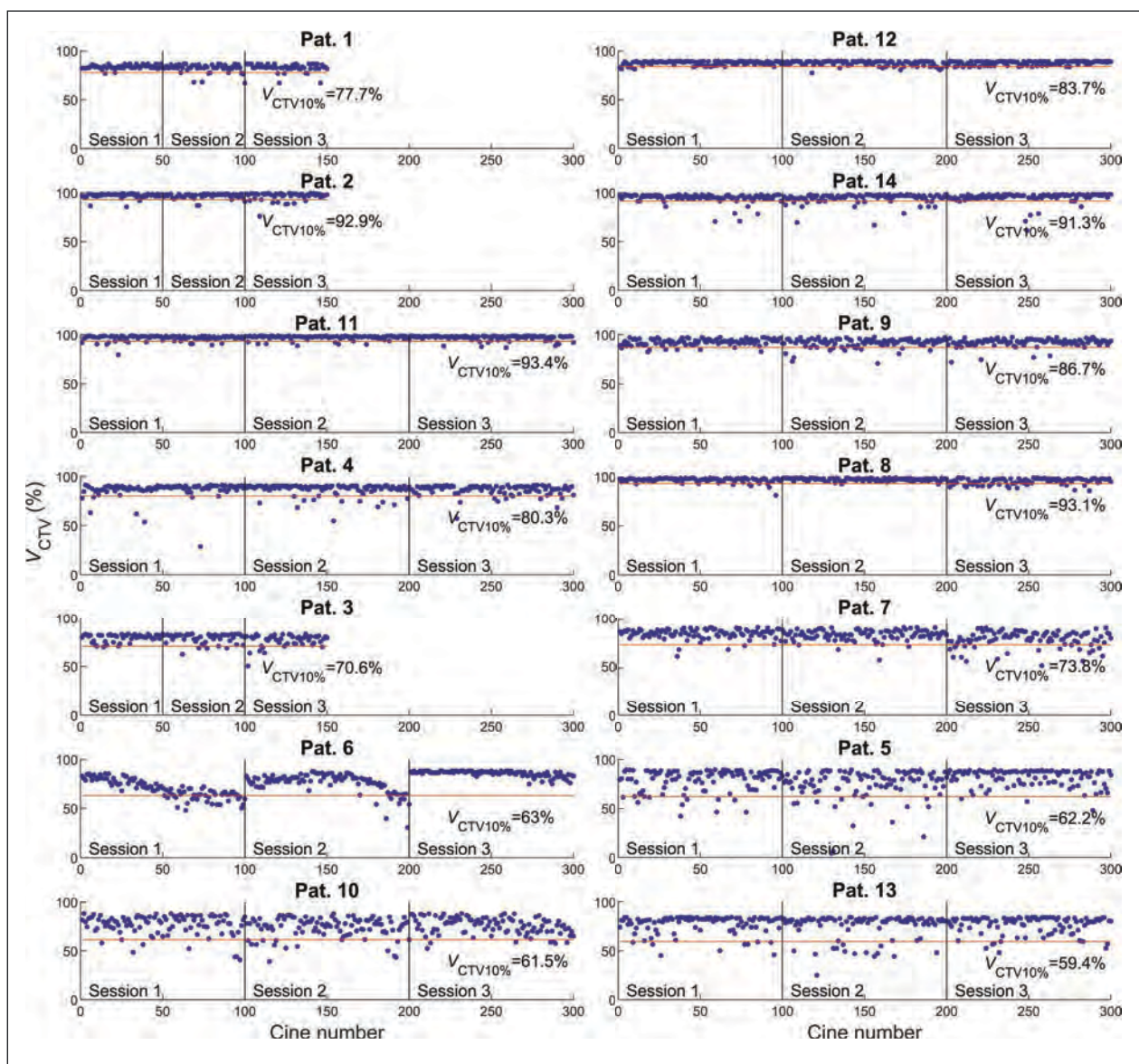
” *Genom att använda en referensyta där man klippt bort områden som lätt deformeras kunde noggrannheten i patientens position ökas med i genomsnitt 30 procent jämfört med om patienten enbart positionerats med hudmarkeringar och rumslasrar.*

De vanligaste metoderna är att använda Cone beam CT (CBCT) eller att kombinera ett antal 2D-röntgenbilder. CBCT bygger på att man roterar ett röntgenrör och detektorplatta runt patienten och baserat på insamlade projektioner kan 3D-bilder rekonstrueras. Dessa matchas sedan mot dosplaneringsbilderna för att hitta hur behandlingsbordet ska förflyttas eller vinklas för att patienten ska ligga enligt dosplanen. Däremot kan det vara svårt att hitta eventuella fel i patientens ställning med CBCT eftersom volymen är begränsad i kraniell-kaudal riktning, till exempel om en arm ligger snett eller att patientens rygg är krökt. Även om man skulle hitta ställningsfel är det tidsödande att åter gå in till patienten, rätta till ställningsfelet och sedan verifiera med nya bilder utifrån kontrollrummet. Dessutom har CBCT begränsningar vad det gäller rörelseövervakning medan strålning ges och att detektera andningsrörelsen för andningssynkroniserade behandlingar.

TUSENTALS PUNKTER PÅ HUDYTAN

Ytskanning är en annan avbildningsmetod som funnits kommersiellt tillgängligt i ungefär 15 år med vilken man kan detektera både positioneringsfel och ställningsfel. På senare år har metoden även utvecklats till att också möjliggöra rörelseövervakning och andningssynkronisering. Principen för body surface laserscanning-systemet (BSLS, Sentinel®, C-rad AB, Uppsala), som använts i min avhandling som presenterades i februari i år, bygger på en takmonterad enhet som sveper en laserstråle över patienten och en kamera som detekterar reflektionen.

Systemet räknar ut avståndet till tusentals punkter på hudytan och avbildar patientytan i rummet på några sekunder med hög precision. Genom att jämföra aktuell patientyta och med en referensyta, till exempel patientytan ifrån dosplaneringsunderlaget eller en BSLS-skannad patientyta, kan justeringsförslag presenteras i form av bordsförflyttning och färgkodning på ytan för justering av patientställning.



Figur 1. Andel av tumörområdets volym (CTV) innanför ITV i varje DT bild tagen för de 14 lungcancerpatienterna. Idealt ska CTV täckas 100 procent av ITV 100 procent av tiden. Den tionde percentilen VCTV10 procent (röd linje) användes för att korrelera patientens variation av topparna i andningskurvan som samlades in samband med insamling av dosplaneringsbilderna. Data är sorterat i stigande avvikelse mellan planerad och faktisk tumörrörelse med patienter med störst avvikelse längst ner i figuren.

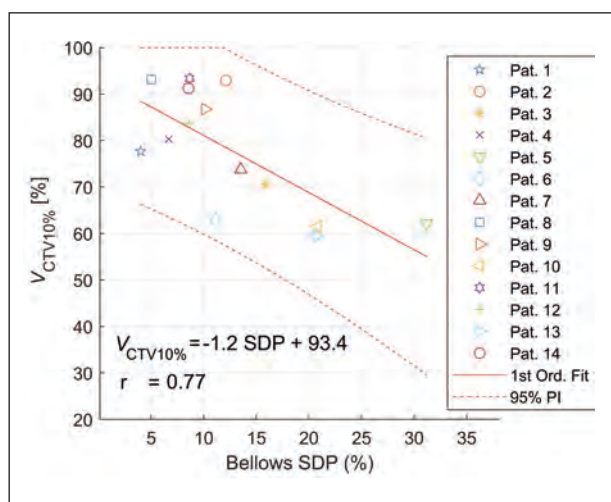
Systemet används idag kliniskt både i Sverige och internationellt och finns också i en uppdaterad version som bygger på tre kameror i taket (Catalyst HD). I Wikström et al 2014⁵ undersöktes noggrannheten i föreslagna bordsjusteringar från BSLS-systemet i förhållande till positioneringsresultat från CBCT för 40 patienter som behandlades i bäckenområdet.

30 PROCENTS ÖKAD NOGGRANNHET

Genom att använda en referensyta där man klippt bort områden som lätt deformeras kunde noggrannheten i patientens position ökas med i genomsnitt 30 procent jämfört med om patienten enbart positionerats med hudmarkeringar och rumslasrar. Noteras bör dock att den totala förbättringen, uttryckt i millimeter, är liten vilket gör att den stora vin-

ningen inte är förbättrad noggrannhet utan snarare att BSLS skulle kunna användas istället för hudmarkeringar och rumslasrar med ett förenklat arbetssätt som följd. Användandet av BSLS skulle även medföra andra fördelar såsom kontroll av patientställning, rörelseövervakning och möjlighet till andningssynkroniserad behandling. Det sistnämnda kan vara speciellt användbart för patienter med vänstersidig bröstcancer eftersom dosen kan sänkas markant till hjärtat om man låter patienten andas in djupt och hålla andan under tiden strålning ges⁶. Många studier^{7,8} har visat att dosen kan sänkas till hjärtat på detta sätt men få studier har kontrollerat reproducerbarheten i denna position gällande lungkant och framförallt hjärta.

För att undersöka reproducerbarheten av hjärt- och lungkonturens position avbildades elva vänstersidiga bröstcan-



Figur 2. Den tionde percentilen av CTV-volymen innanför ITV (V_{CTV10} procent) korrelerades mot standardavvikelsen av andningskurvans toppar i samband med insamling av dosplaneringsbilderna (SDP). Med ökat SDP ökar risken att stor del av CTV ofta sticker ut utanför ITV. Storheten SDP verkar därmed kunna användas för att filtrera ut de patienter som behöver extra bildtagning eller behandlingsmarginaler.

cerpatienter i Wikström et al 2018⁹ då patienternas andning vägledades av BSLS. Patienterna fick hålla andan upprepade gånger medan flertalet momentana DT-insamlingar gjordes. Slutsatsen var att man med BSLS kunde återskapa behand-

lingspositionen (inandningsläget) på ett reproducerbart sätt med avseende på både hjärta (drygt 3 mm standardavvikelse) och lungkant (knappt 2 mm i standardavvikelse). För lungcancerpatienter är det viktigt att kunna avgöra hur mycket anatomin rör sig på grund av andning. I Wikström et al 2021¹⁰ togs lågdos DT-bilder i åtta minuter vid tre tillfällen över tumörområdet för 14 lungcancerpatienter medan de andades fritt för att kontrollera hur väl marginalen som ska ta hänsyn till tumörrörelse på grund av andning, internal target volume (ITV), stämmer överens med den faktiska domänen där tumören, clinical target volume (CTV), befunnit sig under en simulerad behandlingstid. Idealt borde hela CTV vara innanför ITV 100 procent av tillfällena.

BEHANDLINGSOMRÅDET UTVÄRDERAS

Bilderna togs snabbt och hade därmed hög temporär upplösning (0.3 sekunder) och samlades jämnt distribuerat över den tid som motsvarar deras ordinarie behandling. Genom att bestämma lungtumörens position i bilderna kunde behandlingsområdet utvärderas med avseende på hur ofta (se figur 1) och hur stor andel av CTV som faktiskt var inom ITV. Genom att länka denna information till variationen i den insamlade andningskurvans toppar vid planeringstillfället, standard deviation of the peaks (SDP), (se figur 2) kunde ett samband hittas som möjliggör att patienter där standardmetoden för bestämning av lungtumörrörelse inte fungerar kunde fångas upp på ett enkelt sätt. Åtgärden därefter skulle kunna vara att man lägger extra marginal eller



Dags för FORTBILDNING?

På Onkologiisverige.se hittar du nu utbildningar som riktar sig till dig som är hematolog, onkolog eller innehar någon annan specialitet som behandlar cancer. Vi samlar utbildningar på ett ställe så du slipper leta runt.

Anmäl dig för vårt nyhetsbrev så får du automatiskt information om nya kurser och utbildningar. Mejla till:

info@onkologiisverige.se

Planerar ni utbildningsaktiviteter är ni välkomna att kontakta oss för att diskutera era behov av att nå ut till relevanta deltagare.



Onkologi i Sverige, Tyra Lundgrens väg 6, 134 40 Gustavsberg
Telefon 08 570 10 520, www.onkologiisverige.se

tar fler bilder för att få en säkrare bestämning av lungtumörrörelsen. Patienterna har ändå fått en fullgod behandling eftersom behandlingsplanen även innefattar en marginal för positioneringsosäkerheter mm. Förutsatt att positioneringsfelen hålls små kan fel i bestämningen av lungtumörrörelsen spilla över i denna marginal, men rent principiellt bör de två marginalerna hanteras oberoende av varandra.

Ytskanning har många fördelar jämfört med andra av-



” Ytskanning har många fördelar jämfört med andra avbildningsmetoder, såsom snabb återkoppling angående ställningsfel, rörelseövervakning och andningssynkronisering, men som alla metoder finns det begränsningar, till exempel att det kräver korrelation mellan yta och tumör.

bildningsmetoder, såsom snabb återkoppling angående ställningsfel, rörelseövervakning och andningssynkronisering, men som alla metoder finns det begränsningar, till exempel att det kräver korrelation mellan yta och tumör. Det är viktigt att känna till effekten av dessa fördelar och nackdelar för att kunna dra full nytta av ytskanningens potential i kombination med andra avbildningsmetoder i den komplexa strålbehandlingsprocessen.

1. Evans PM. Anatomical imaging for radiotherapy. Research

Support, Non-U.S. Gov't

Review. Phys Med Biol. Jun 21 2008;53(12):R151-91.

doi:10.1088/0031-9155/53/12/R01

2. Goyal S, Kataria T. Image Guidance in Radiation Therapy: Techniques and Applications. Radiology Research and Practice. 2014/12/17 2014;2014:705604. doi:10.1155/2014/705604

3. Freisleder P, Kugele M, Ollers M, et al. Recent advanced in Surface Guided Radiation Therapy. Radiat Oncol. Jul 31 2020;15(1):187. doi:10.1186/s13014-020-01629-w

4. Batista V, Meyer J, Kugele M, Al-Hallaq H. Clinical paradigms and challenges in surface guided radiation therapy: Where do we go from here? Radiother Oncol. Sep 26 2020;doi:10.1016/j.radonc.2020.09.041

5. Wikstrom K, Nilsson K, Isacson U, Ahnesjö A. A comparison of patient position displacements from body surface laser scanning and cone beam CT bone registrations for radiotherapy of pelvic targets. Acta Oncol. Feb 2014;53(2):268-77. doi:10.3109/0284186X.2013.802836

6. Pedersen AN, Korreman S, Nystrom H, Specht L. Breathing adapted radiotherapy of breast cancer: reduction of cardiac and pulmonary doses using voluntary inspiration breath-hold. Clinical Trial Research Support, Non-U.S. Gov't. Radiother Oncol. Jul 2004;72(1):53-60. doi:10.1016/j.radonc.2004.03.012

7. Hjelstuen MH, Mjaaland I, Vikstrom J, Dybvik KI. Radiation during deep inspiration allows loco-regional treatment of left breast and axillary-, supraclavicular- and internal mammary lymph nodes without compromising target coverage or dose restrictions to organs at risk. Research Support, Non-U.S. Gov't. Acta Oncol. Mar 2012;51(3):333-44. doi:10.3109/0284186X.2011.618510

8. Bedi C, Kron T, Willis D, Hubbard P, Milner A, Chua B. Comparison of radiotherapy treatment plans for left-sided breast cancer patients based on three- and four-dimensional computed tomography imaging. Clin Oncol (R Coll Radiol). Nov 2011;23(9):601-7. doi:10.1016/j.clon.2011.04.004

9. Wikstrom K, Isacson U, Nilsson K, Ahnesjö A. Reproducibility of heart and thoracic wall position in repeated deep inspiration breath holds for radiotherapy of left-sided breast cancer patients. Acta Oncol. Oct 2018;57(10):1318-1324. doi:10.1080/0284186X.2018.1490027

10. Wikstrom KA, Isacson UM, Pinto MC, Nilsson KM, Ahnesjö A. Evaluation of irregular breathing effects on internal target volume definition for lung cancer radiotherapy. Med Phys. Mar 5 2021;doi:10.1002/mp.14824

KENNETH WIKSTRÖM, CIVILINGENJÖR, DISPUTERAD SJUKHUSFYSIKER,
UPPSALA UNIVERSITET OCH AKADEMISKA SJUKHUSET,
KENNETH.WIKSTROM@IGP.UU.SE

