3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

Ανεξάρτητη Δοσιμετρική Αξιολόγηση Εργαλείου Offline Προσαρμοστικής Ακτινοθεραπείας Βασισμένου σε Τεχνητή Νοημοσύνη

Γεωργία Γκούρλα[1] , Θεόδωρος Στρουμπινής[2] , Μιχάλης Ψαρράς[1,2] , Δέσποινα Στασινού[2], Μαρία Πρωτοπαπά[2] , Άννα Ζυγογιάννη[3] , Καλλιόπη Πλατώνη[1,2]

[1] Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Ιατρικής Φυσικής, Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Αττικόν, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

[2] Mediterraneo Hospital, Κέντρο Ακτινοθεραπευτικής Ογκολογίας και Στερεοτακτικής Ακτινοχειρουργικής.

[3] Εργαστήριο Κλινικής Ακτινοθεραπευτικής Ογκολογίας, Ιατρική Σχολή, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

30, 31 ΟΚΤ + 1 ΝΟΕ
2026

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, ΛΑΡΙΣΑ

Οργάνωση

ΕΦΙΕ
Ένωση Φυσικών Ιατρικής Ελλάδος

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

Εισαγωγή

Η offline Προσαρμοστική Ακτινοθεραπεία (ART) απαιτεί αξιόπιστα εργαλεία για τη διαχείριση ανατομικών αλλαγών κατά τη θεραπεία. Σύγχρονα συστήματα χρησιμοποιούν Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) για τη μετατροπή των CBCTs σε συνθετικές εικόνες (Pseudo-CTs), εξασφαλίζοντας χάρτες ηλεκτρονιακής πυκνότητας για επανυπολογισμό δόσης.

Σκοπός: Η ανεξάρτητη αξιολόγηση της δοσιμετρικής και απεικονιστικής ακρίβειας ενός AI λογισμικού.
Σύγκριση του αλγορίθμου Collapsed Cone Convolution (CCC) έναντι κλινικών αλγορίθμων(AAA/AXB) σε ετερογενή και ομοιογενή ανατομία, και έλεγχος ακρίβειας τιμών HU των Pseudo-CTs.

Μέθοδοι & Υλικά

- Δείγμα: 60 ασθενείς (30 περιστατικά Κεφαλής/Τραχήλου και 30 Πνεύμονα).
- Διασύγκριση συστήματος σχεδιασμού θεραπείας με λογισμικό offline ART:

1. Σύγκριση κατανομών δόσης στην αρχική αξονική CT-sim
3D Gamma Analysis (CCC vs AAA/AXB)
[Κριτήριο 2%/2mm, 10% threshold]

2. Σύγκριση κατανομών δόσης στην ομοιογενή αξονική ομοιώματος CT-phantom
3D Gamma Analysis (CCC vs AAA/AXB)
[Κριτήριο 2%/2mm, 10% threshold]

3. Σύγκριση των διάμεσων Hounsfield Units (HU) μεταξύ CT-sim και Pseudo-CT
Απόλυτη διαφορά HU (CT-sim - Pseudo-CT) στα PTV και OARs

- Στατιστικό Κριτήριο: Wilcoxon Signed-Rank Test ($p < 0.05$).

Αποτελέσματα

1. Σύγκριση στην CT-sim

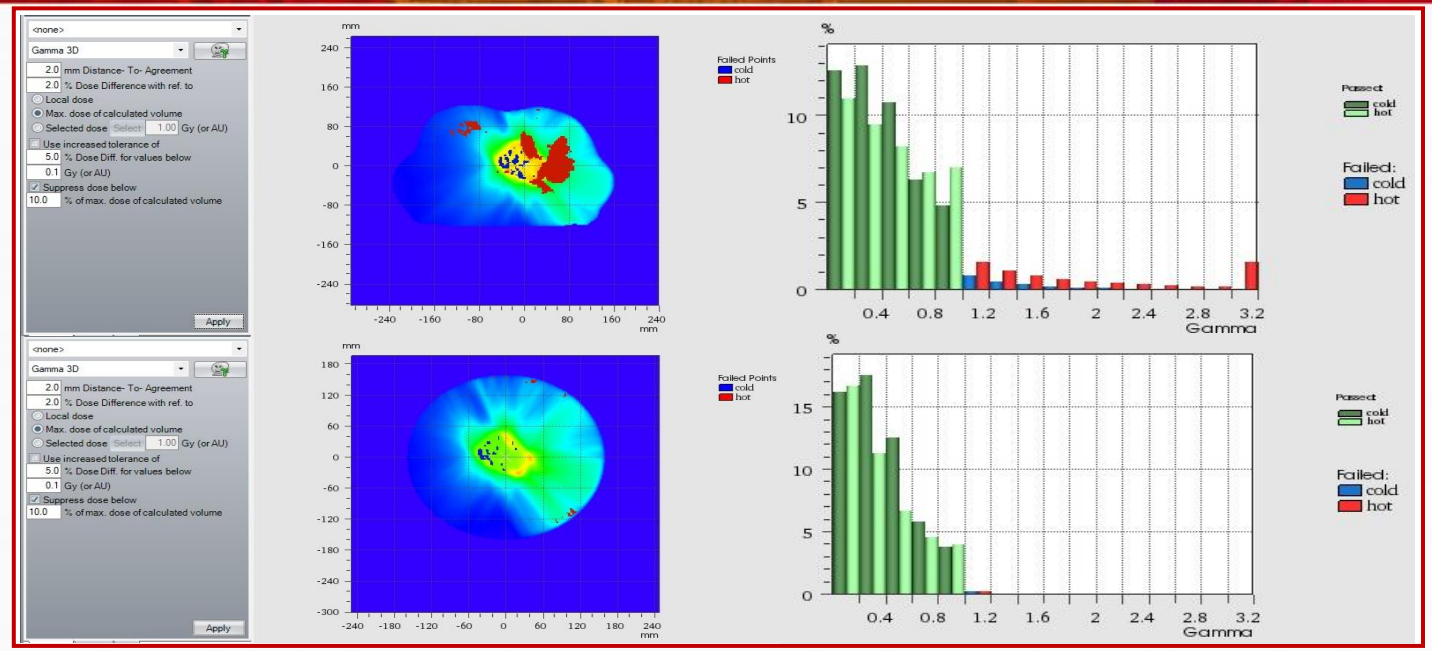
- Διάμεσο Gamma Passing Rate (2%/2mm, 10% thres.): 94.2% (H&N) & 96.5% (Πνεύμονας).
- Σε μεγαλύτερα thresholds τα GPR μειώνονταν, αναδεικνύοντας υπερεκτίμηση δόσης στις περιοχές-στόχους.

2. Σύγκριση στην CT-phantom

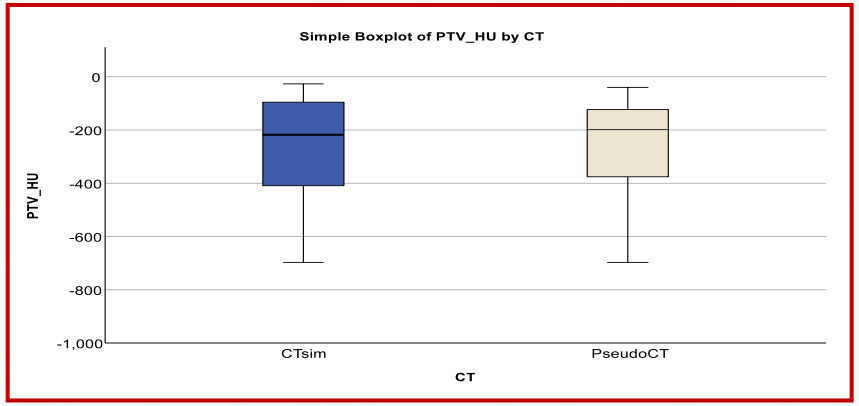
- Η συμφωνία των αλγορίθμων άγγιξε το 99.9% (H&N) και 99.2% (Πνεύμονας).

3. Σύγκριση των διάμεσων HU μεταξύ CT-sim και Pseudo-CT

- PTVs: Μη στατιστικά σημαντικές διαφορές HU (μέση διαφορά 5.7 στα H&N, 21.7 στον Πνεύμονα).
- OARs: Οι αποκλίσεις (55.6 HU στην κάτω γνάθο) παρέμειναν εντος κλινικά αποδεκτών ορίων.



Εικόνα 1: Συγκριτικοί χάρτες Gamma Analysis (κριτήριο 2%/2mm, 10% threshold). Οι περιοχές υπερεκτίμησης της δόσης (hot spots) που καταγράφονται στην ανομοιογενή ανατομία του πνεύμονα, εξαλείφονται πλήρως στην ομοιογενή γεωμετρία του ομοιώματος.



Εικόνα 2: Κατανομή HU στον Όγκο-Στόχο (PTV) Πνεύμονα. Μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ CT-sim και Pseudo-CT (p=0.820).

Συμπεράσματα

1. Οι δοσιμετρικές αποκλίσεις του υπό αξιολόγηση αλγορίθμου (CCC) εντοπίζονται κυρίως σε ανομοιογενείς περιοχές, λόγω των εγγενών φυσικών του περιορισμών.

2. Σε ομοιογενή μέσα (CT-phantom), η ταύτιση με τους αλγορίθμους αναφοράς είναι σχεδόν απόλυτη.

3. Σε συνδυασμό με την επιβεβαιωμένη ακρίβεια των Pseudo-CTs, το σύστημα είναι δοσιμετρικά αξιόπιστο, ικανό να υποστηρίξει κλινικές αποφάσεις στη ρουτίνα της offline ART.

Βιβλιογραφία

1. Fogliata, A., et al. (2011). Dosimetric evaluation of Acuros XB Advanced Dose Calculation algorithm in heterogeneous media. Radiat Oncol, 6: 82.

2. Han, T., et al. (2011). Dosimetric comparison of Acuros XB deterministic radiation transport method with Monte Carlo and model-based convolution methods in heterogeneous media. Med Phys, 38(5): 2651-64.

3. Maury, P., et al. (2024). Evaluation of an Artificial Intelligence-Based Software for Adaptative Radiotherapy in Head and Neck Cancer Treatments. Int J Radiat Oncol Biol Phys.