



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Αρχές Φυσικής και Ακτινοπροστασίας στην Κτηνιατρική Επιστήμη Ακτινοθεραπεία





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Περιεχόμενα

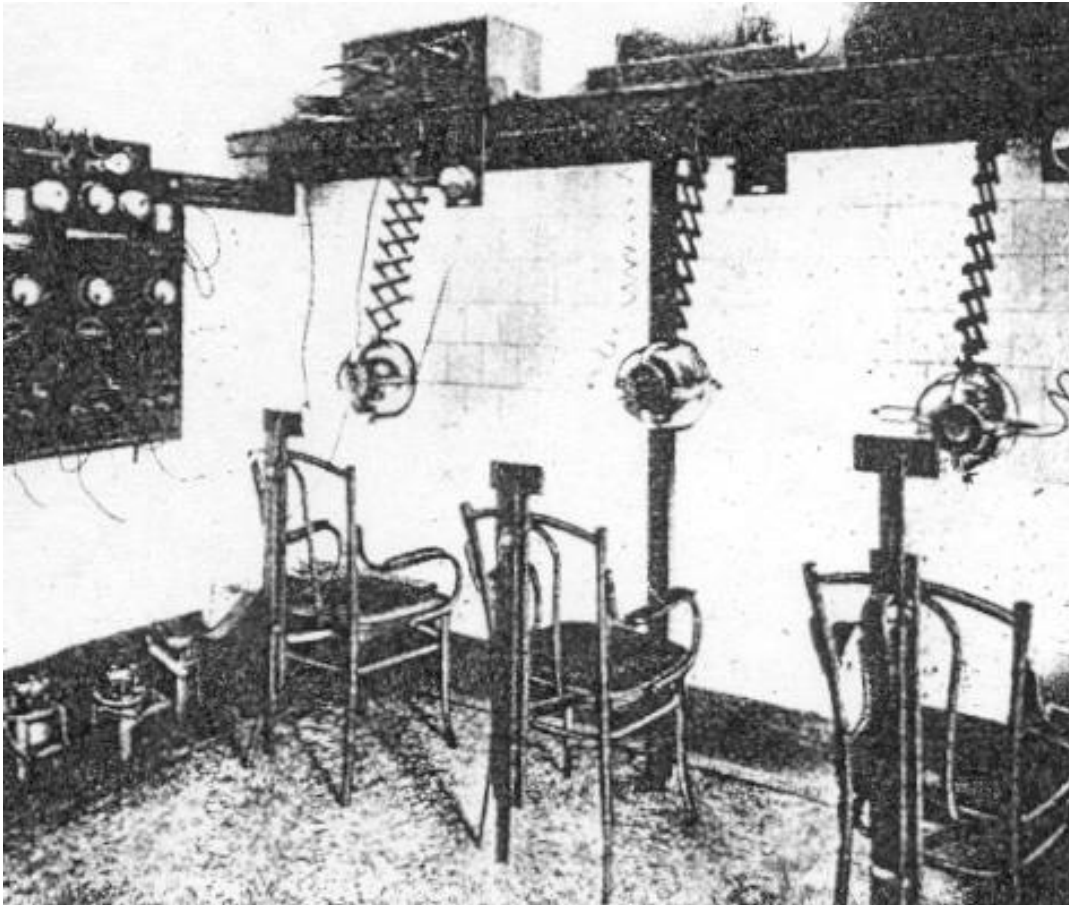
1. Σκοπός της ακτινοθεραπείας
2. Μέθοδοι ακτινοθεραπείας
3. Πηγές Ακτινοθεραπείας με εξωτερικές δέσμες
4. Ακτινοβολήση με εξωτερικές δέσμες φωτονίων
5. Βασικές παράμετροι ακτινοβολήσεως με δέσμες φωτονίων
6. Παραδείγματα Ακτινοθεραπείας
7. Ειδικές Θεραπείες
8. Ακτινοθεραπεία με την χρήση σωματιδίων





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Ιστορική αναδρομή ακτινοθεραπείας



- 1900: Ακτίνες X
- 30's: Radium (P & M Curie)
- 50's: Ir, ⁶⁰Co
- 70's: Linear Accelerators

*London's Radiotherapy
Department 1905*





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Ιστορική αναδρομή ακτινοθεραπείας

1921: εγκατάσταση της 1^{ης} μονάδος
ακτινοθεραπείας
στο Long Hospital (σήμερα Indiana University
Hospital)

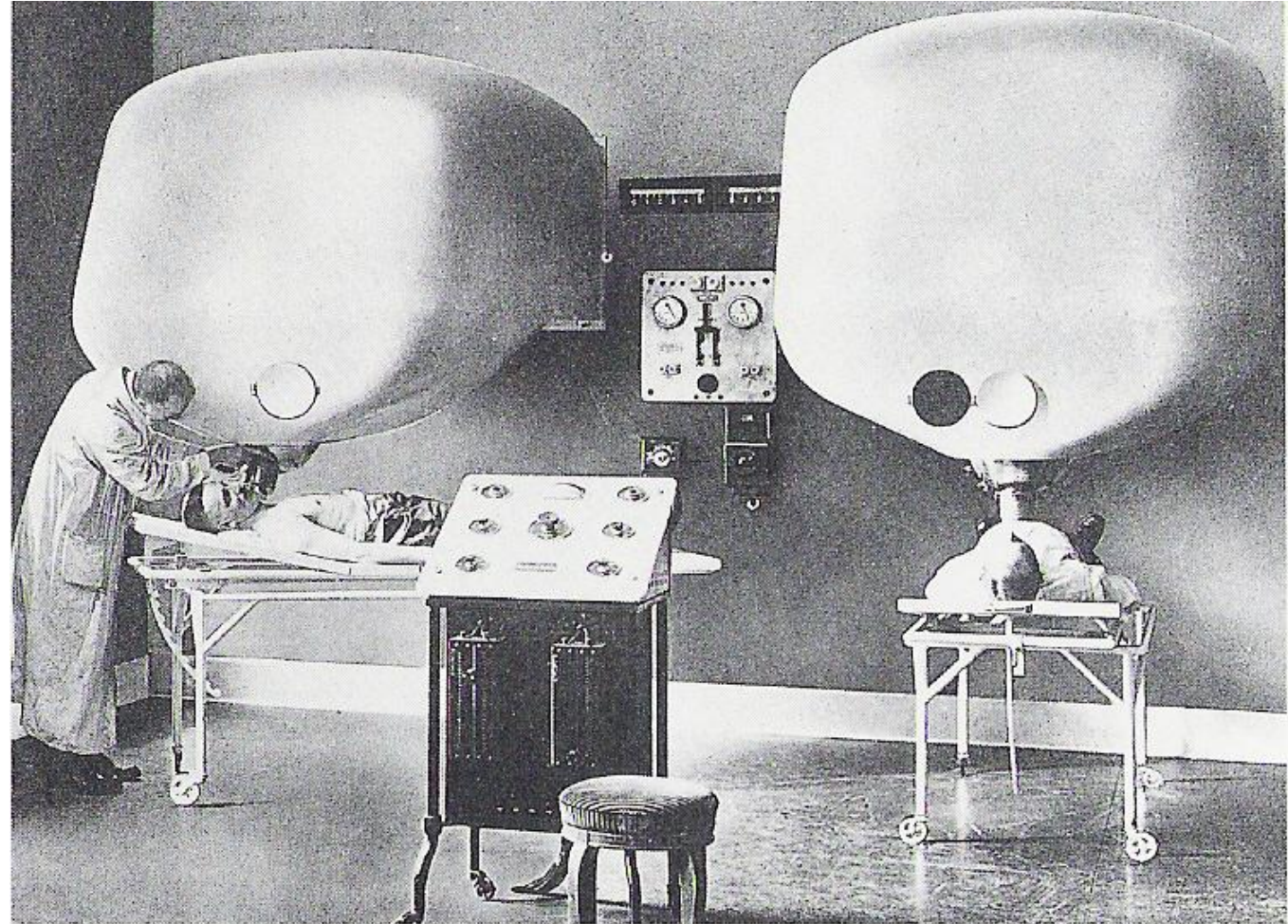




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Ιστορική αναδρομή ακτινοθεραπείας

Ακτινοθεραπευτικό μηχάνημα Siemens, 1919



Βασιλική Σόφτα, Διδάκτωρ, Τμήμα Ιατρικής Φυσικής

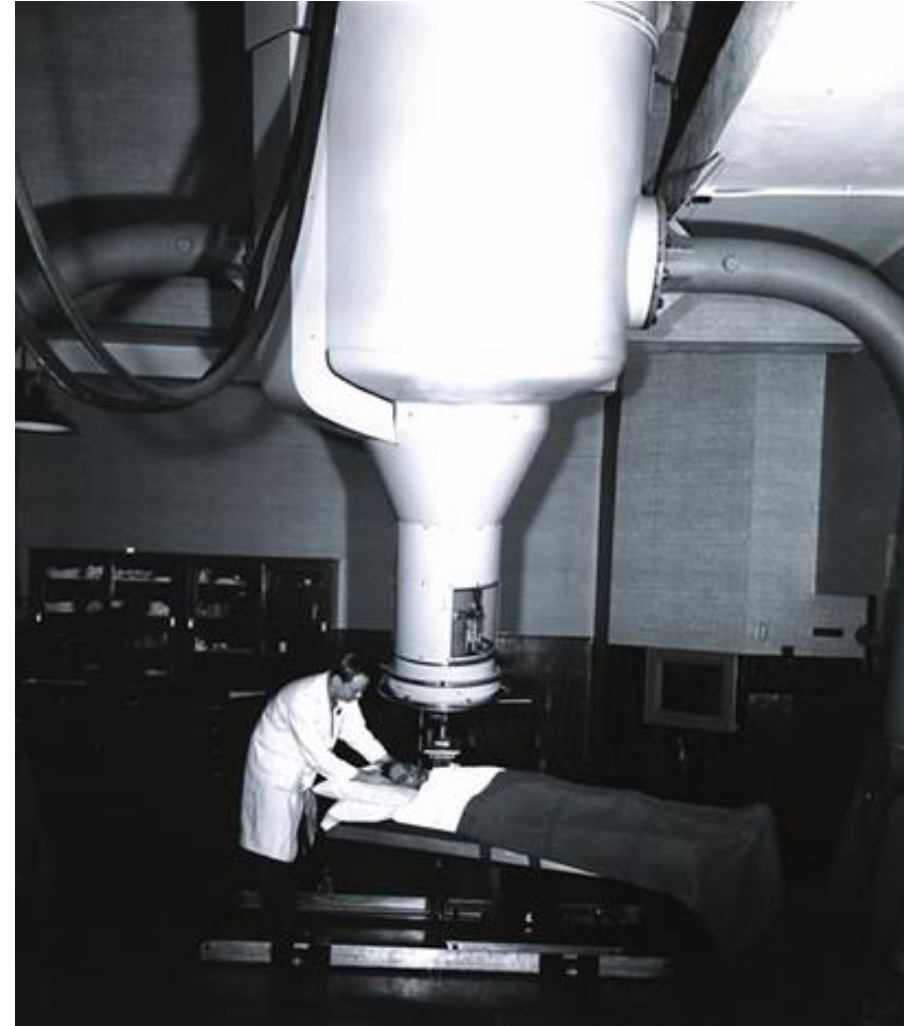




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Ιστορική αναδρομή ακτινοθεραπείας

1950: Ακτινοθεραπεία στο δημοτικό αντικαρκινικό νοσοκομείο “Francis Delafield Hospital” συνδεδεμένο με το Columbia University



Βασιλική Σόφτα, Διδάκτωρ, Τμήμα Ιατρικής Φυσικής





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

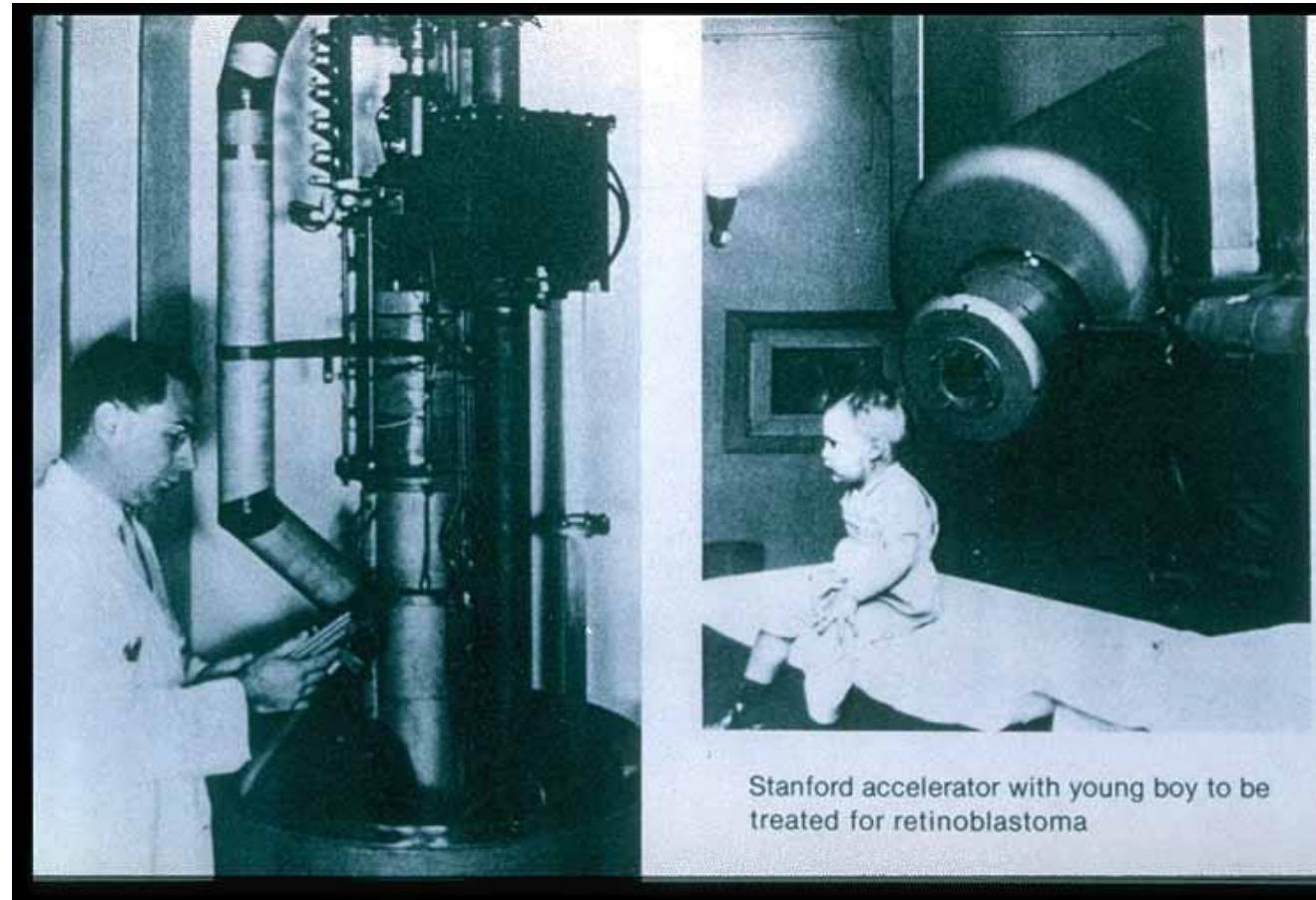
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Ιστορική αναδρομή ακτινοθεραπείας

Μια από τις πρώτες θεραπείες με γραμμικό επιταχυντή

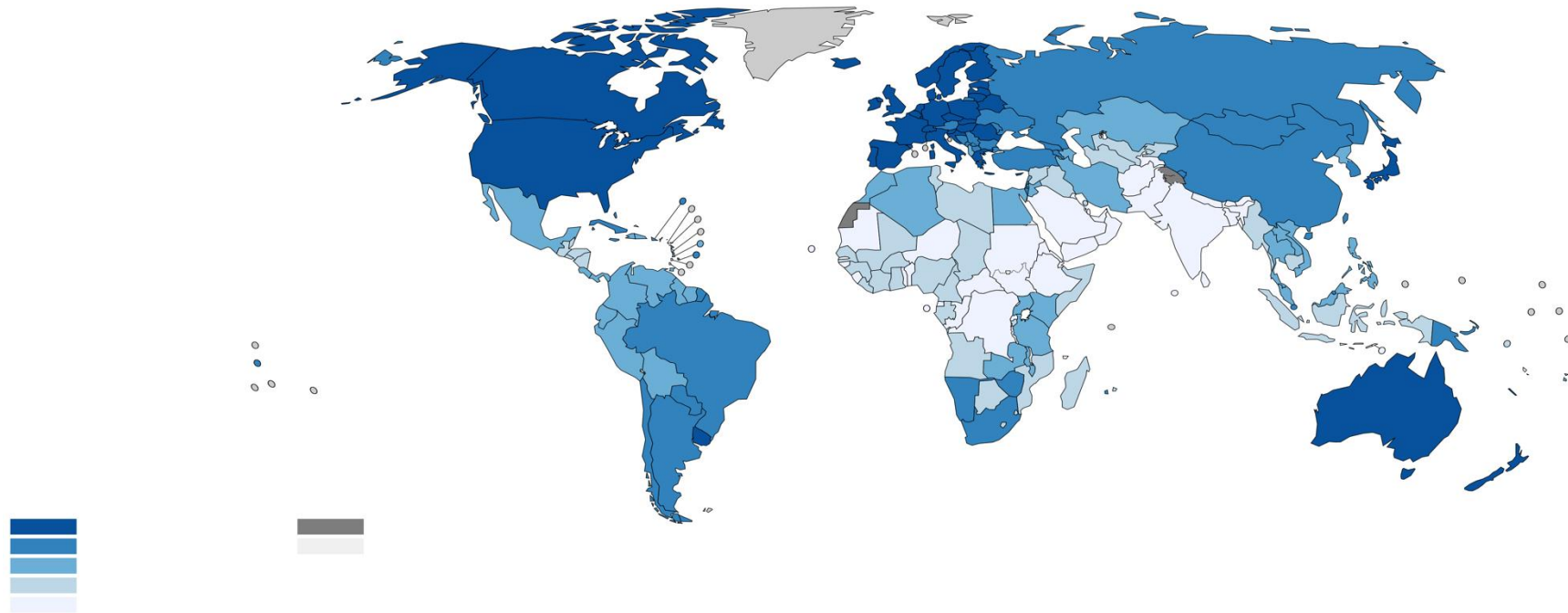
Ο Henry Kaplan (αριστερά) και η 1^η θεραπεία (δεξιά) με γραμμικό επιταχυντή 6 MV στο Stanford University, Palo Alto, California, U.S.A. Ο ασθενής είναι ένα μικρό αγόρι με ρετινοβλάστωμα το οποίο ακτινοβολήθηκε επιτυχώς τον Ιανουάριο του 1956.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

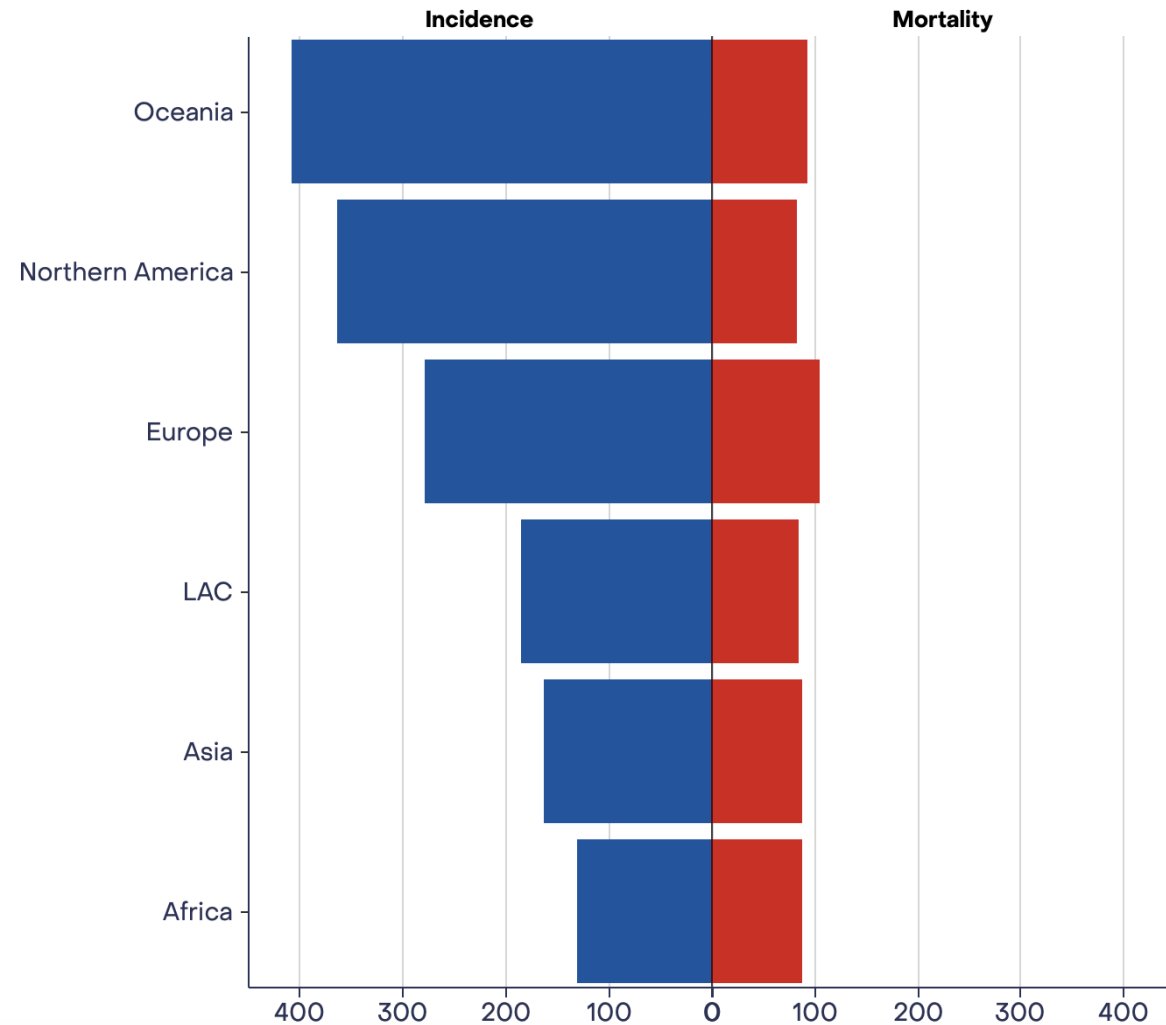
Age-Standardized Rate (World) per 100 000, Incidence, Both sexes, in 2022
All cancers





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

**Age-Standardized Rate (World) per 100 000,
Incidence and Mortality, Both sexes, in 2022**
All cancers



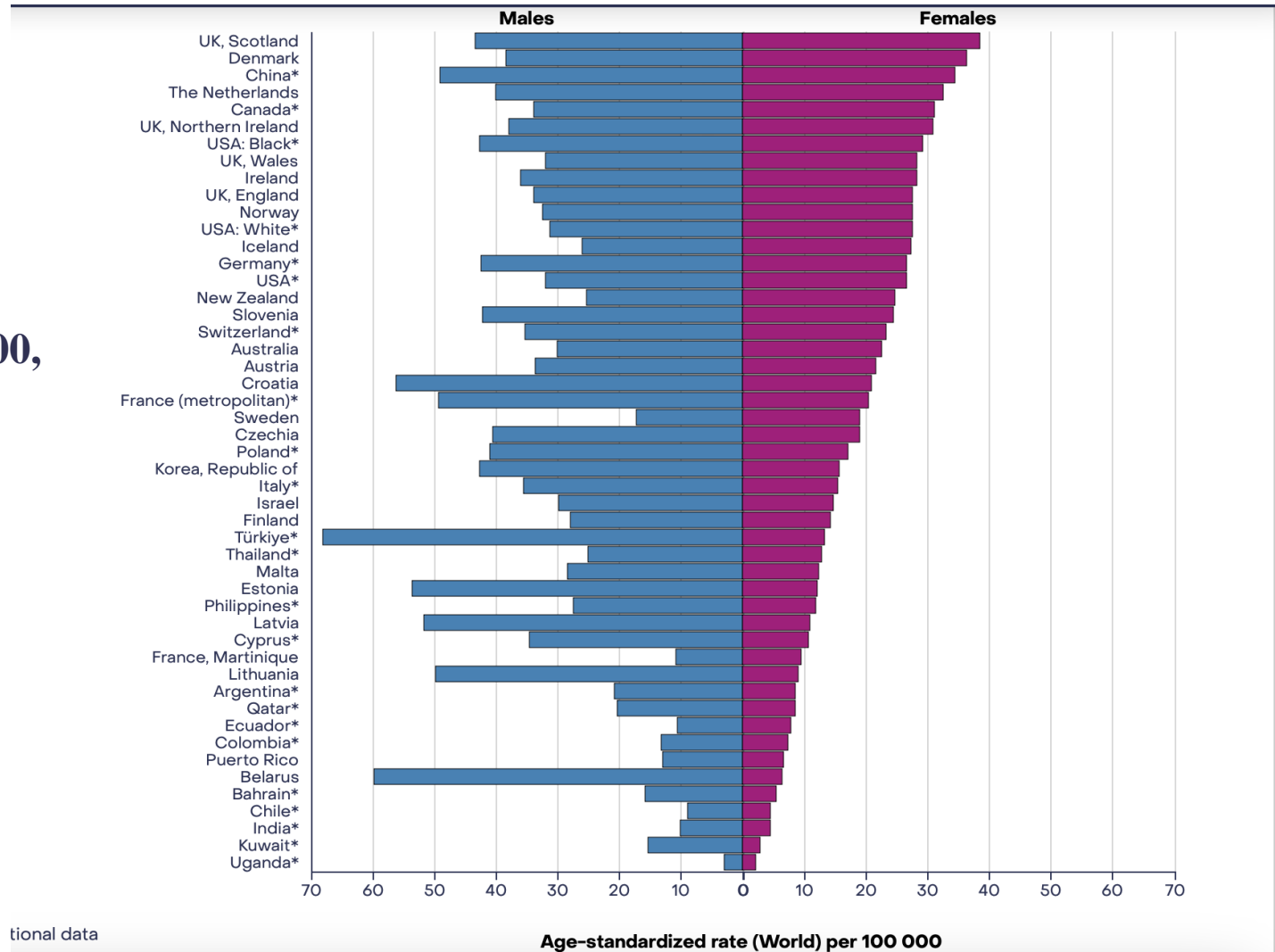


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Age-standardized rate (World) per 100 000,
incidence, males and females, in 2017
Lung



tional data

Age-standardized rate (World) per 100 000



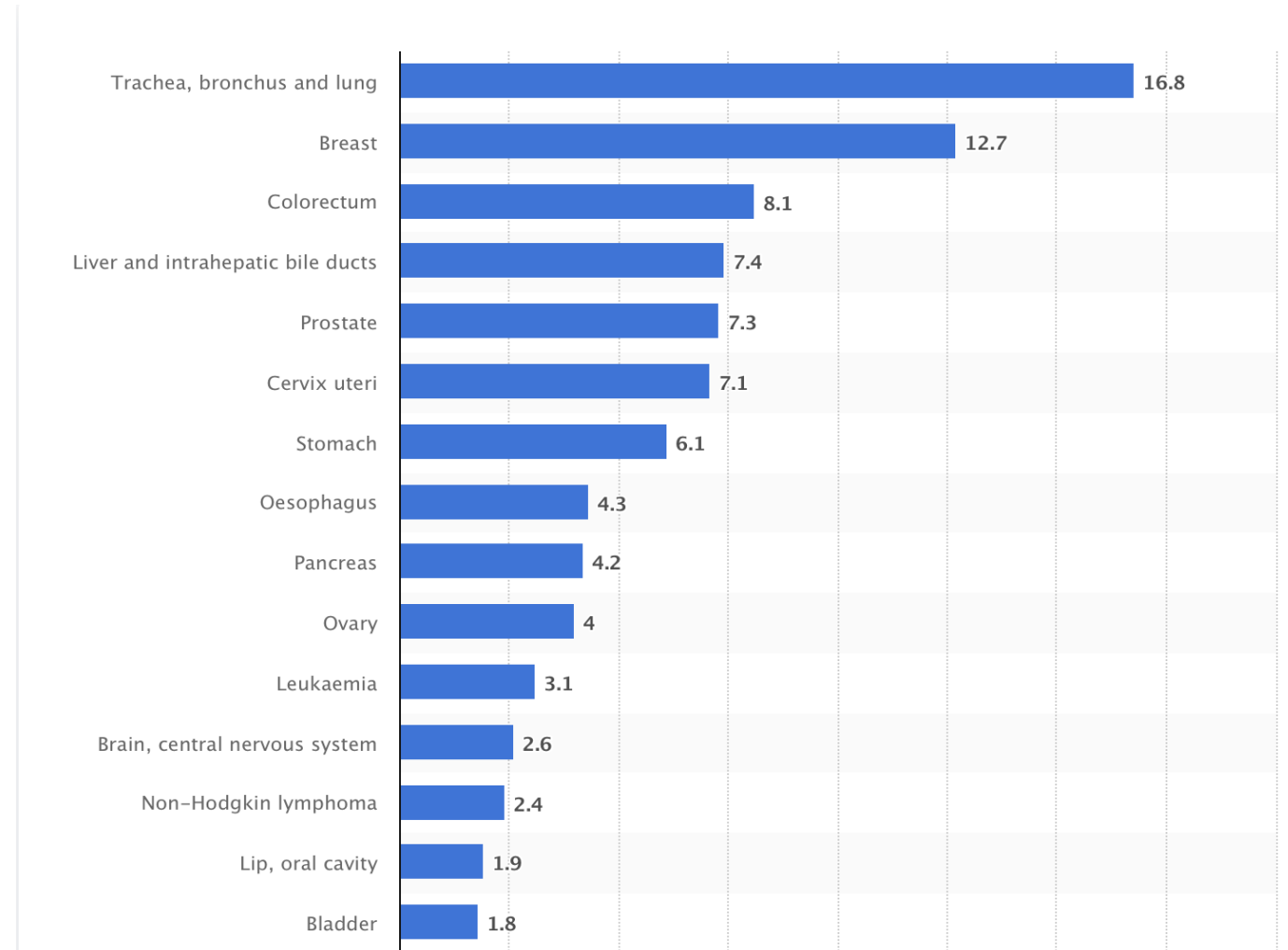


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Rate of cancer deaths worldwide in 2022, by type of cancer (*per 100,000 population*)



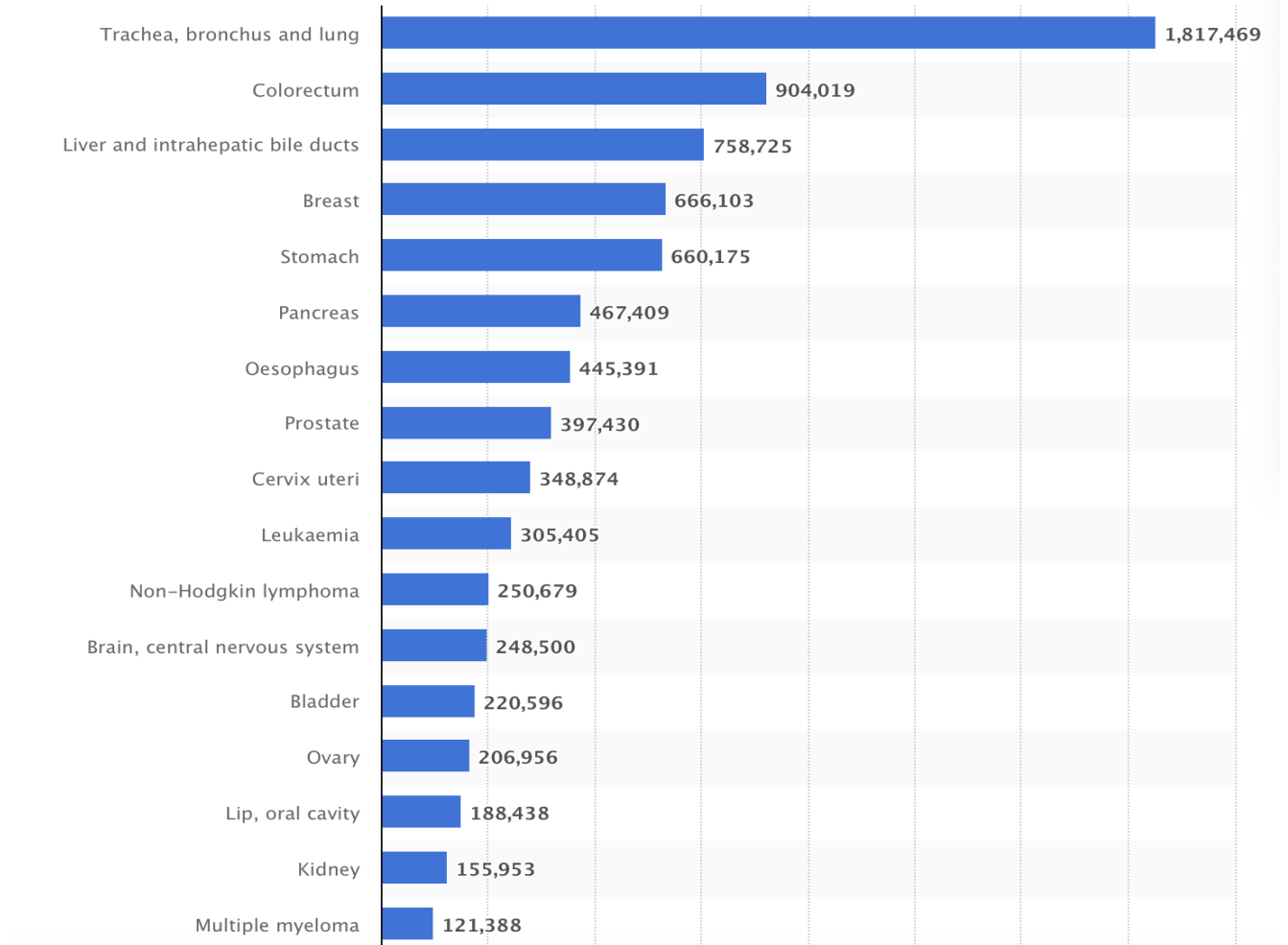


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Number of cancer deaths worldwide in 2022, by major type of cancer





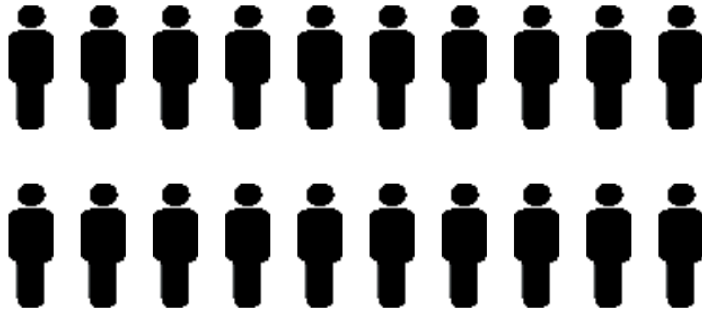
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Estimated number of new cases from 2022 to 2045, Both sexes, age [0-85+]

All cancers

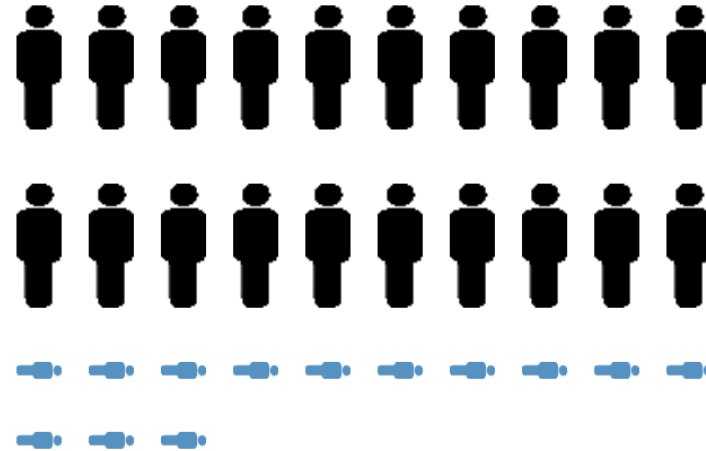
World

2022



20.0M

2045



32.6M





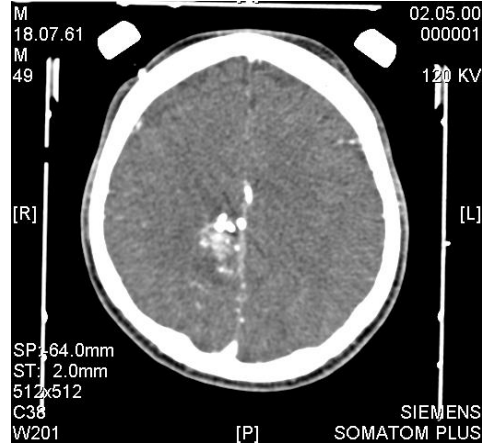
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Απεικονιστικά Εργαλεία

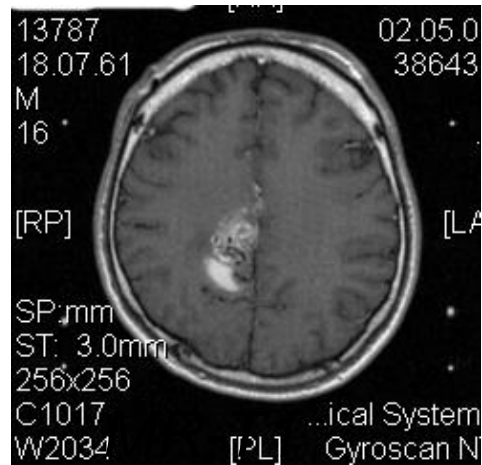
CT



PET/CT scan



MR





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

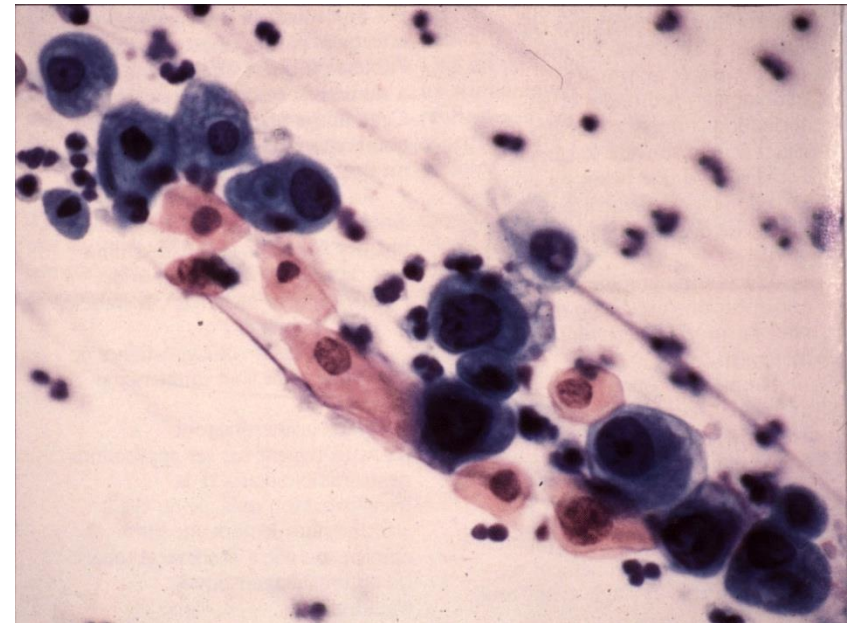
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Τα **φυσιολογικά κύτταρα** χαρακτηρίζονται από:

- Την ειδική τους λειτουργία
- Την θέση τους στο σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού
- Τον αριθμό τους καθώς και το
- σύστημα ελέγχου και ρύθμισής τους

Τα **καρκινικά κύτταρα** έχουν χάσει τις ιδιότητές τους λόγω γενετικών διαφοροποιήσεων

- Δεν λειτουργούν
- Δύνανται να αναπαράγονται και να πολλαπλασιάζονται επ'άπειρον
- Δύνανται να μεταναστεύσουν σε οποιοδήποτε σημείο (μεταστάσεις)





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

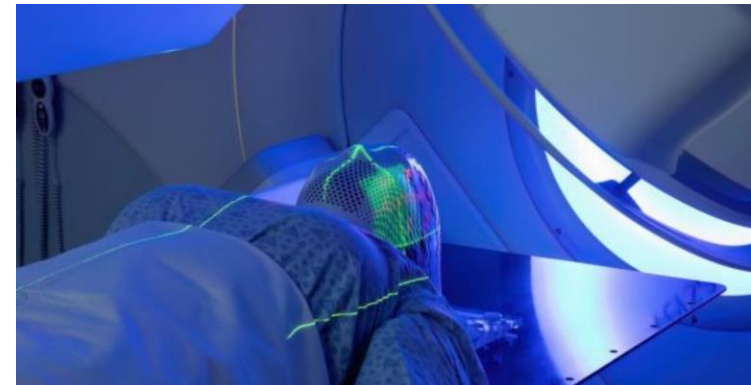
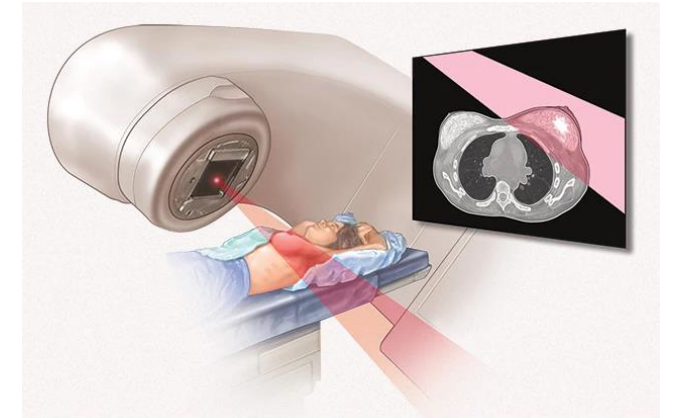
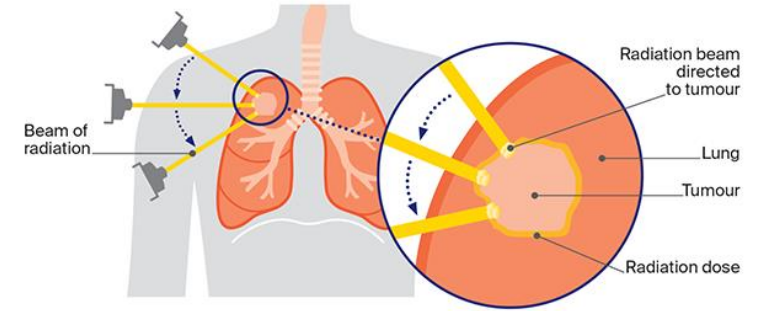
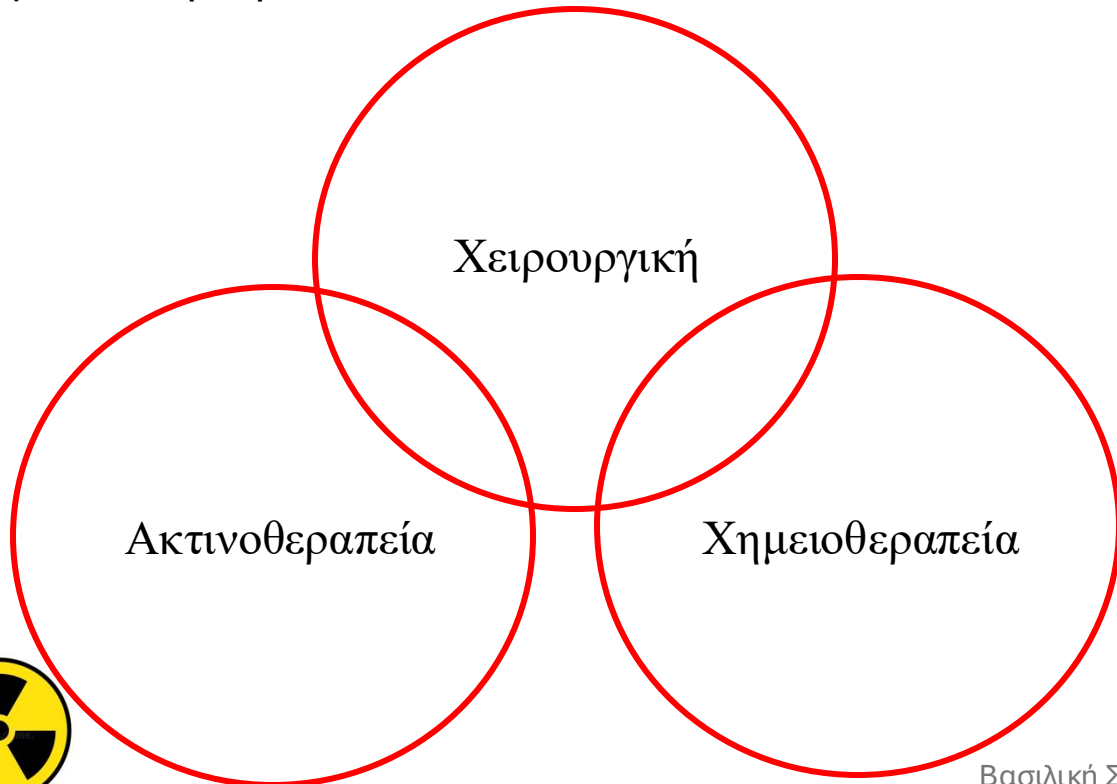
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

1. Σκοπός Ακτινοθεραπείας

Ο σκοπός της ακτινοθεραπείας είναι να δώσει ικανή δόση στο στόχο για να σκοτώσει τα καρκινικά κύτταρα αποφεύγοντας τις βλάβες στα υγιή όργανα.

Αντιμετώπιση καρκίνου:





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Γραμμικός Επιταχυντής





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Σκύλος που υποβάλλεται σε ολική ακτινοβολία σώματος σε θεραπεία εξωτερικής ακτινοβολίας (γραμμικός επιταχυντής).





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Σκύλος υπό γενική αναισθησία σε θεραπεία εξωτερικής ακτινοβολίας (γραμμική τηλεθεραπεία επιταχυντή). Σημειώστε το μαξιλάρι τοποθέτησης και τους δεσμούς.

Σκύλος υπό γενική αναισθησία σε θεραπεία εξωτερικής ακτινοβολίας (τηλεθεραπεία με δέσμη ηλεκτρονίων).





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

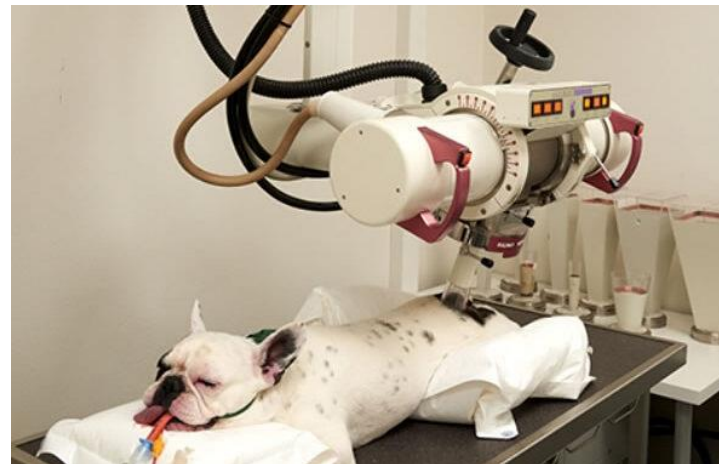
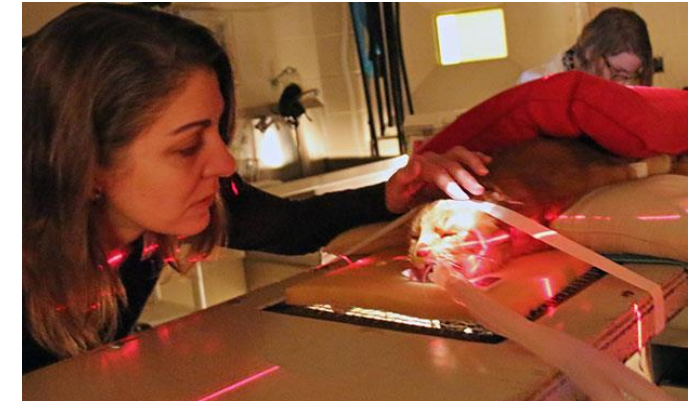
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

1. Σκοπός Ακτινοθεραπείας

1.1. Στάδια Ακτινοθεραπείας

- ✓ *Απεικόνιση*
- ✓ *Εντοπισμός*
- ✓ *Καθορισμός δομών & κρίσιμων οργάνων*
- ✓ *Σχεδιασμός του πλάνου θεραπείας*
- ✓ *Εξομοίωση της θεραπείας*
- ✓ *Ακτινοβολήση*
- ✓ *Εξακρίβωση της θεραπείας*





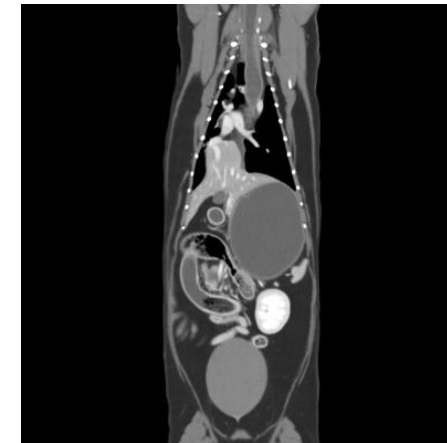
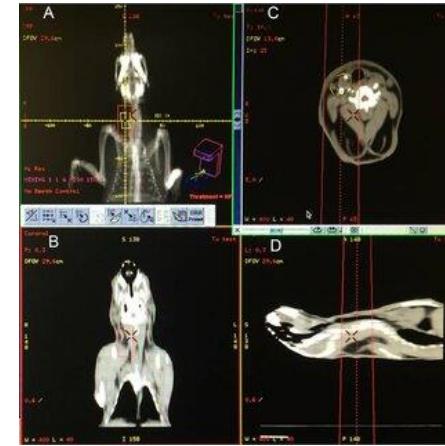
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

CT Εξομοίωση

- Εκτός του κλασσικού εξομοιωτή μια άλλη δυνατότητα είναι η εξομοίωση μέσω του “CT – Simulator” (εξομοίωση με την βοήθεια αξονικού τομογράφου’).
- Σε αυτή την περίπτωση, με την βοήθεια οδηγών σημείων λαμβάνονται αξονικές τομογραφίες, κατασκευάζονται DRR ακτινογραφίες και τρισδιάστατες απεικονίσεις. Το “CT-Sim” όπως λέγεται δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να σχεδιάσει επιτόπου τα περιγράμματα των εσωτερικών δομών και ακόμη να σχεδιάσει τις εισόδους δεσμών για απλές περιπτώσεις. Το σύνολο των πληροφοριών αυτών διαβιβάζεται για τον υπολογισμό δόσης στο σύστημα σχεδιασμού θεραπείας.



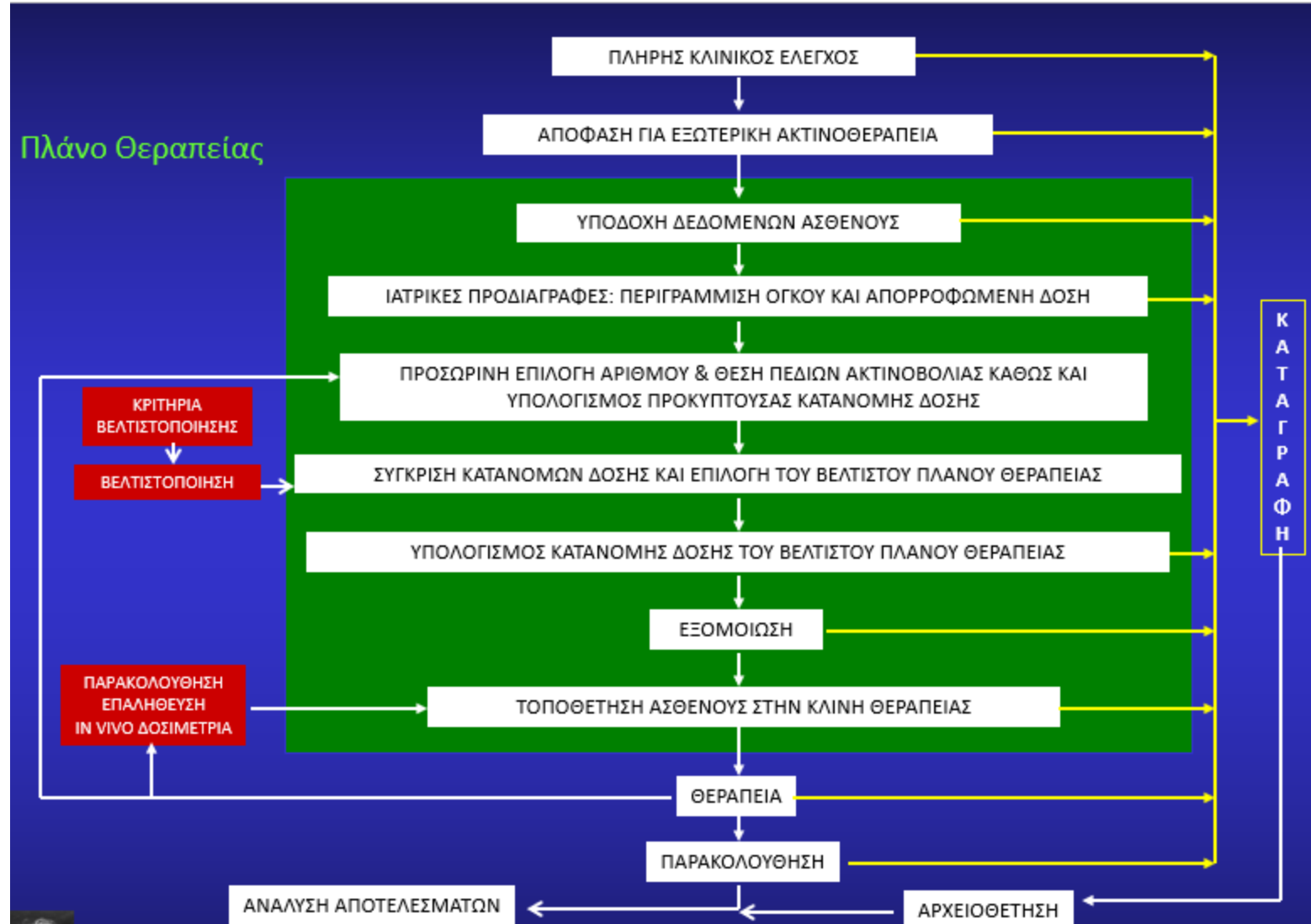


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Πλάνο Θεραπείας





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Η κτηνιατρική ογκολογία έγινε αναγνωρισμένη ειδικότητα το 1994.

Η κτηνιατρική ακτινοθεραπεία είναι ο κλάδος της κτηνιατρικής ογκολογίας στον οποίο η ιονίζουσα ακτινοβολία (τηλεθεραπεία, βραχυθεραπεία), είτε μόνη είτε σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους, χρησιμοποιείται για τη θεραπεία ζώων με κακοήθειες ή άλλες ασθένειες.

Οι κτηνίατροι ογκολόγοι έχουν αναγνωρίσει τη χρησιμότητα της ακτινοθεραπείας σε έναν τομέα όπου η πολυτροπική προσέγγιση είναι επιτακτική εάν ο καρκίνος πρόκειται να ελεγχθεί και να θεραπευτεί ενδεχομένως. Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί στην κλινική κτηνιατρική ογκολογία, όπως η χρήση ακτινοθεραπείας megavoltage (υψηλής ενέργειας), καθημερινά πρωτόκολλα ακτινοθεραπείας με χορήγηση υψηλότερων συνολικών δόσεων ακτινοβολίας και η χρήση υπολογιστικής τομογραφίας (CT) τόσο για την απεικόνιση όγκου όσο και σχεδιασμός ακτινοθεραπείας.

Οι εξωτερικές πηγές ακτινοβολίας δέσμης περιλαμβάνουν δέσμες ακτίνων X, ακτίνων γάμμα ή ηλεκτρονίων που μεταδίδονται από εξοπλισμό ακτινοθεραπείας είτε ορθοβολταίου είτε μεγατάσης (π.χ. κοβάλτιο 60 και γραμμικοί επιταχυντές).

Η τάση τα τελευταία 20 χρόνια ήταν προς την εγκατάσταση μονάδων κοβαλτίου 60 και τώρα πολλές κτηνιατρικές εγκαταστάσεις ακτινοβολίας έχουν μετατραπεί σε γραμμικούς επιταχυντές.

Σε κτηνιατρικές εφαρμογές, ο εξοπλισμός και οι πηγές ακτινοθεραπείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να λειτουργούν μόνο υπό την άμεση εποπτεία του υπεύθυνου ακτινοπροστασίας, όπως οι κτηνίατροι που είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι και διαπιστευμένοι για να εκτελούν ή να αναθέτουν τέτοια εργασία.

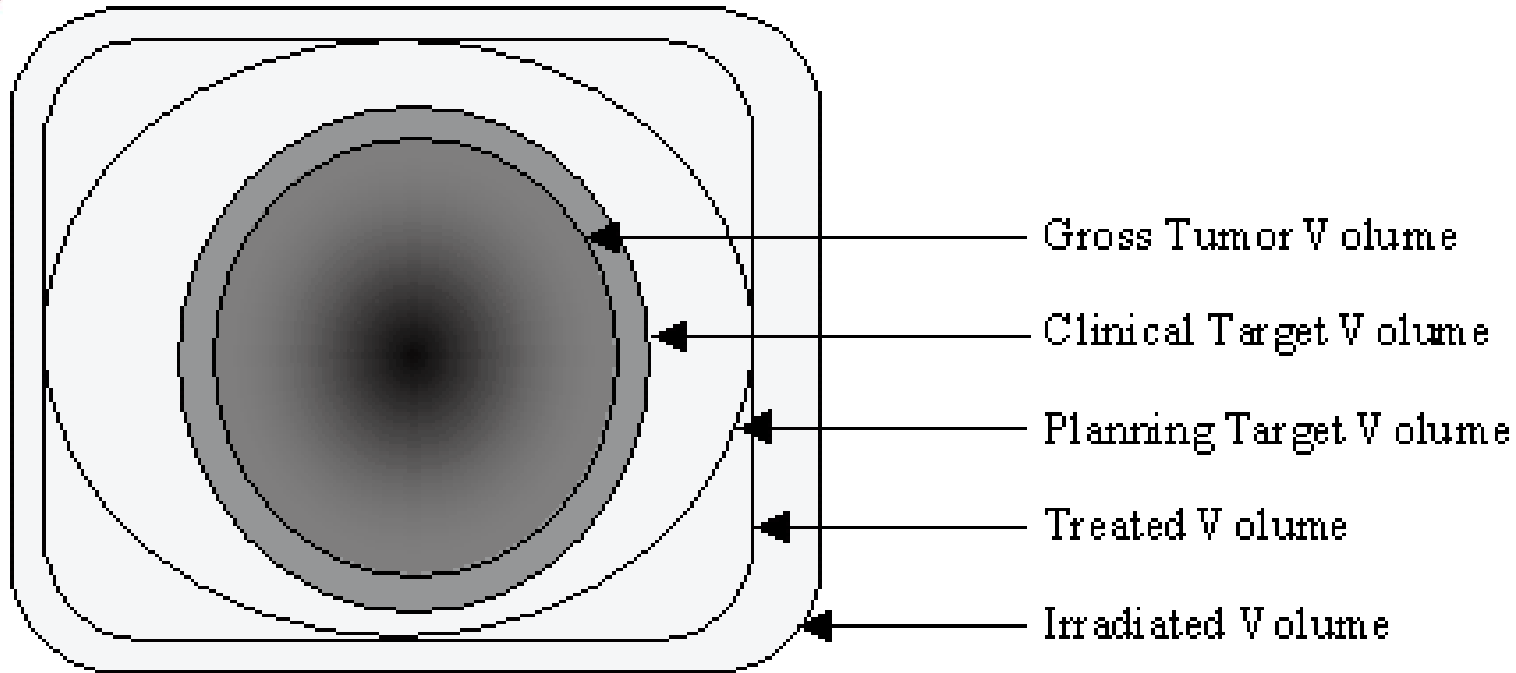
Επί του παρόντος, ο εξοπλισμός ακτινοθεραπείας που έχει αναπτυχθεί για ανθρώπινη χρήση χρησιμοποιείται για κτηνιατρική ακτινοθεραπεία.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Καθορισμός Ογκών - Στόχων



GTV: Ορατός όγκος με κάποιο απεικονιστικό μέσον

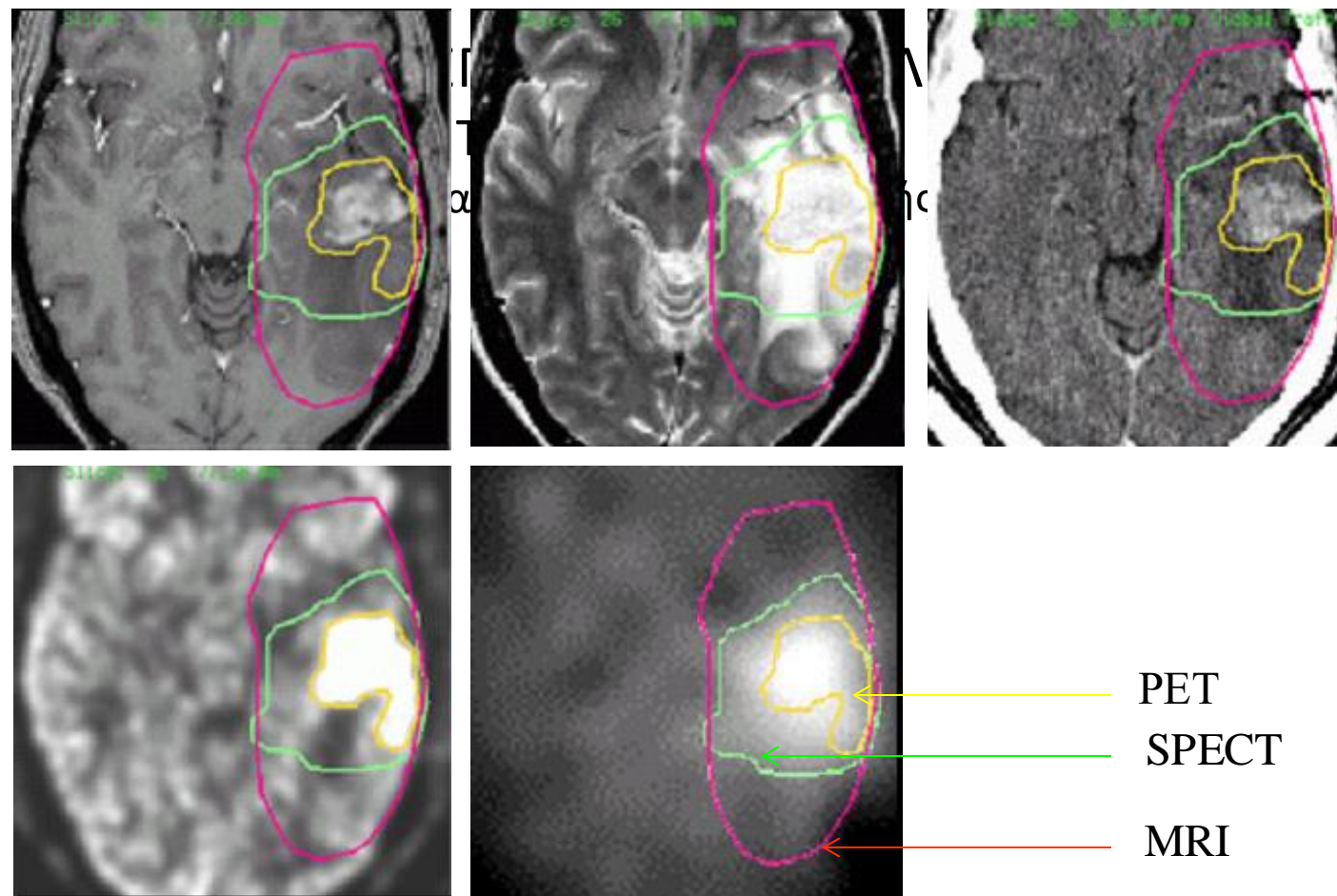
CTV: Όγκος συμπεριλαμβάνων μικροδιηθήσεις γύρω από τον GTV

PTV: Ο όγκος που δημιουργείται λαμβάνοντας υπ' όψιν τις γεωμετρικές μεταβολές (κίνηση του ασθενούς, αναπνοή, γεωμετρικές ιδιαιτερότητες της δέσμης)

TV: Ο όγκος που τελικά λαμβάνει θεραπευτική δόση

IV: Ο όγκος που λαμβάνει από κάποια δόση και άνω (π.χ. 20% της δόσης κέντρου) και είναι σημαντική για την προφύλαξη των υγιών ιστών.





Στο παράδειγμα αυτό φαίνεται ένας ασθενής με αστροκύτωμα στον αριστερό λοβό.

Ο καρκινικός όγκος καθορίστηκε στην απεικόνιση SPECT (πράσινο περίγραμμα), αντιπροσωπεύει την περιοχή αυξημένης διακίνησης αμινοξέων και αντιστοιχεί στην ακριβή ιστολογική έκταση όλου του όγκου. Ο μικρότερος όγκος (κίτρινο περίγραμμα), δείχνει την περιοχή με αυξημένο μεταβολισμό γλυκόζης στην απεικόνιση PET και αντιστοιχεί στα πιο επιθετικά μέρη του αστροκυτώματος. Σε αντίθεση, ο ακριβής καθορισμός του όγκου στο MRI είναι δύσκολος γιατί υποεκτιμάται στην T1 ακολουθία και υπερεκτιμάται στην T2 ακολουθία (κόκκινο περίγραμμα).





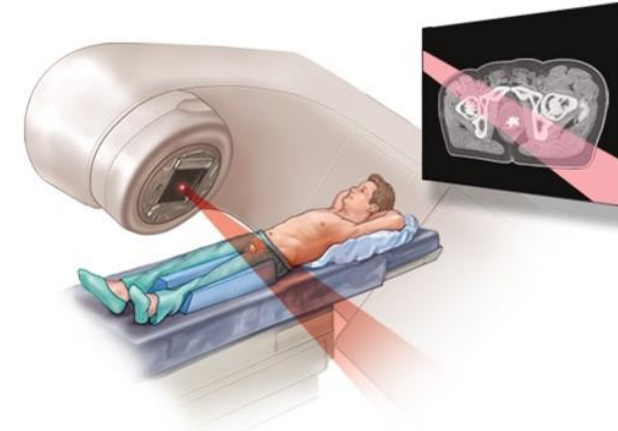
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

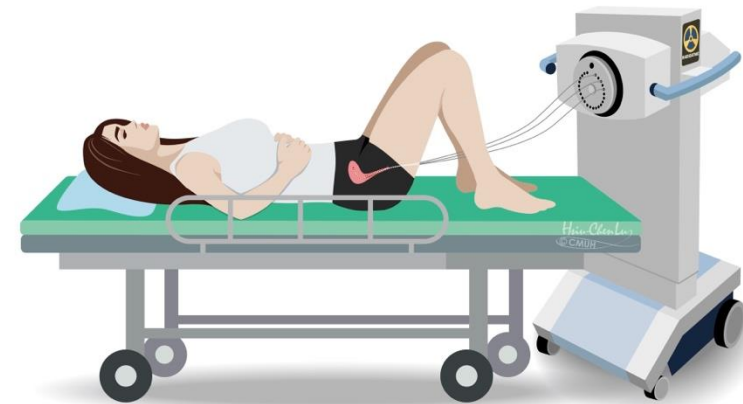
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

2. Μέθοδοι Ακτινοθεραπείας

- Εξωτερική Ακτινοθεραπεία
 - Επιταχυντές (ακτίνες X και Ηλεκτρόνια)
 - Κοβάλτια (ακτίνες γ)
 - Κυκλοτρόνια (πρωτόνια)
 - Άλλα (νετρόνια, πρωτόνια, ή σωματίδια β , π - μεσώνια, βαρέα ιόντα)
- Εσωτερική Ακτινοθεραπεία ή Βραχυθεραπεία
 - Ενδοκοιλιακή
 - Ενδοϊστική
 - Εμφύτευση
 - Ακτινοβολία γ : ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir



© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

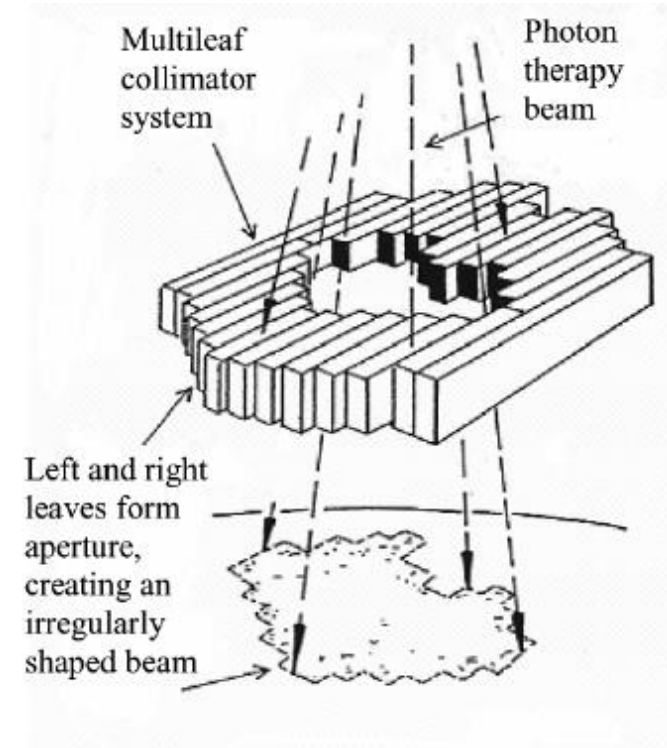
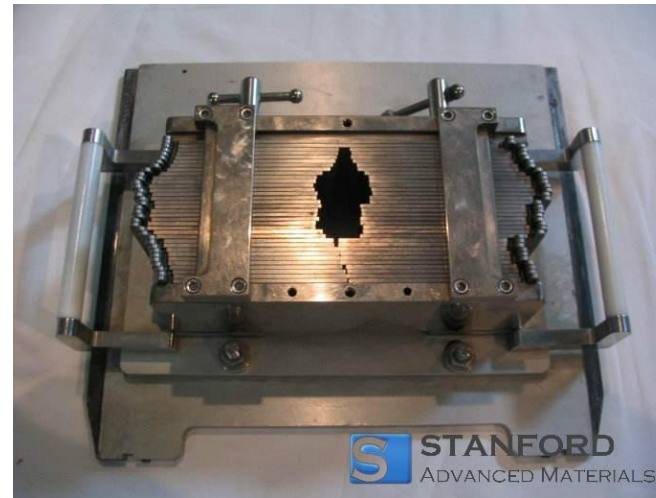
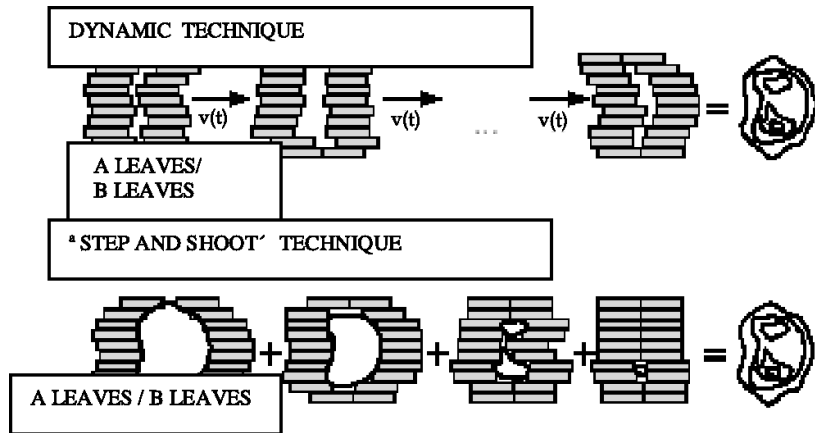
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

4. Ακτινοβοληση με εξωτερικές δέσμες φωτονίων

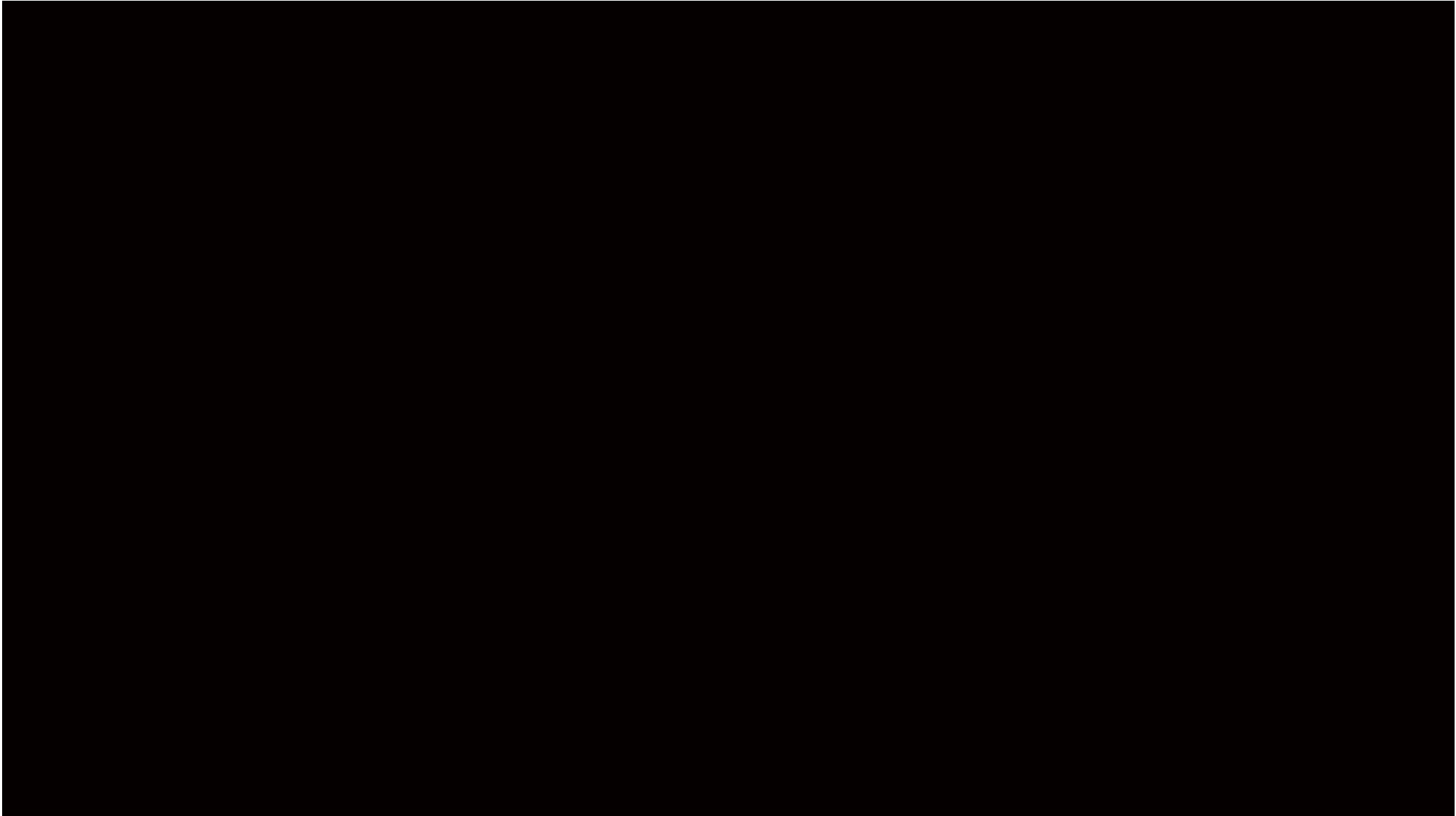
✓ Πολύφυλλα Διαφράγματα (Multileaf Collimators – MLC)

Τα πολύφυλλα διαφράγματα είναι σύστημα πολλών παράλληλων φύλλων μολύβδου τα οποία κινούνται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και προγραμματίζονται έτσι ώστε να παίρνουν το σχήμα του όγκου στόχου ώστε να αποφεύγεται όσο το δυνατόν περισσότερο η ακτινοβοληση των υγιών ιστών. Γι' αυτό και η ακτινοθεραπεία αυτή λέγεται «προσαρμοστική».





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής



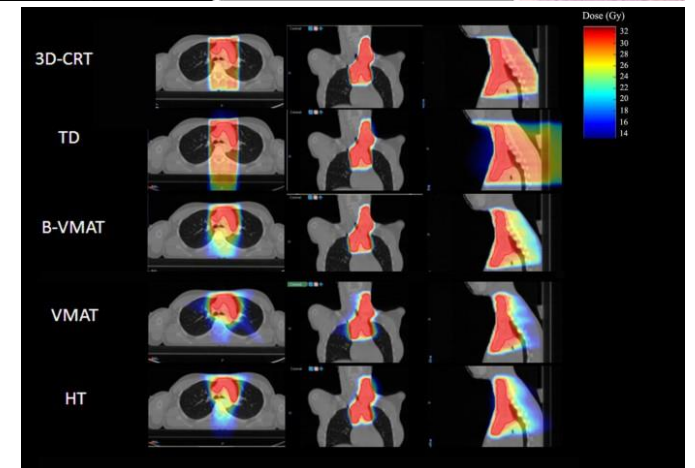
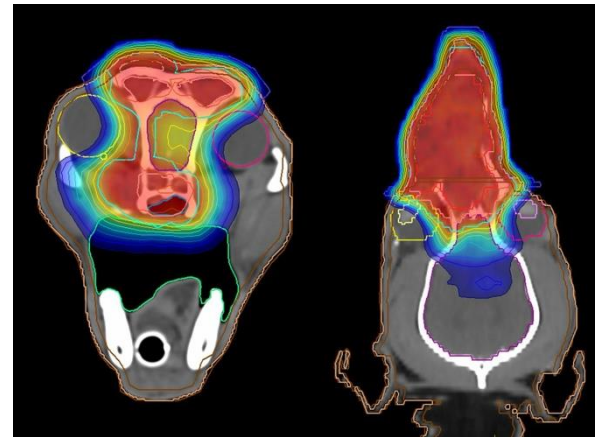
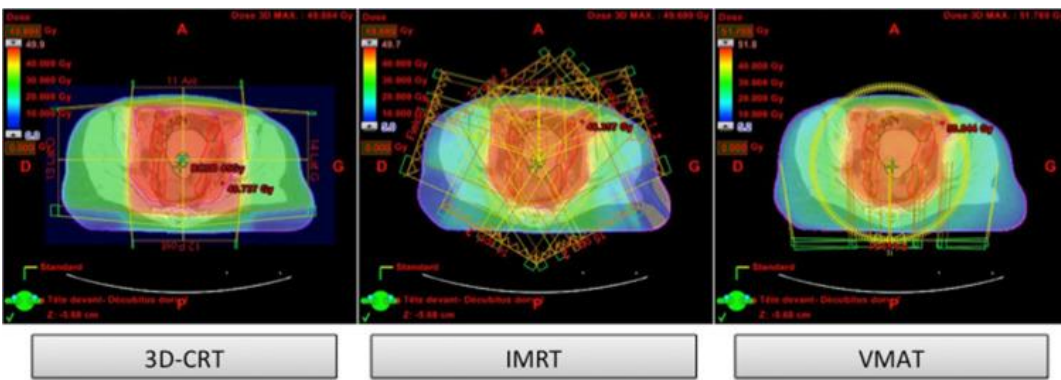
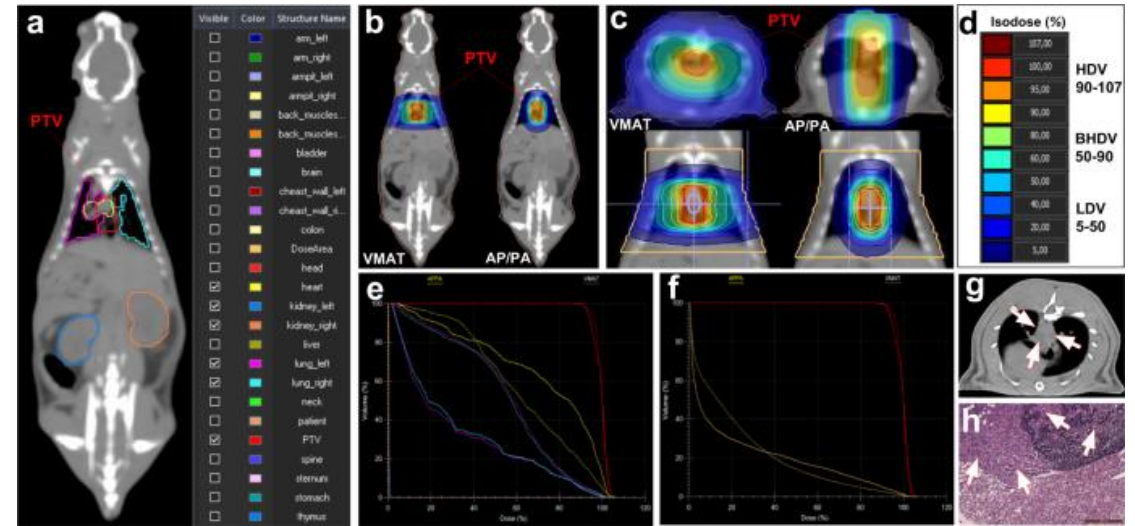
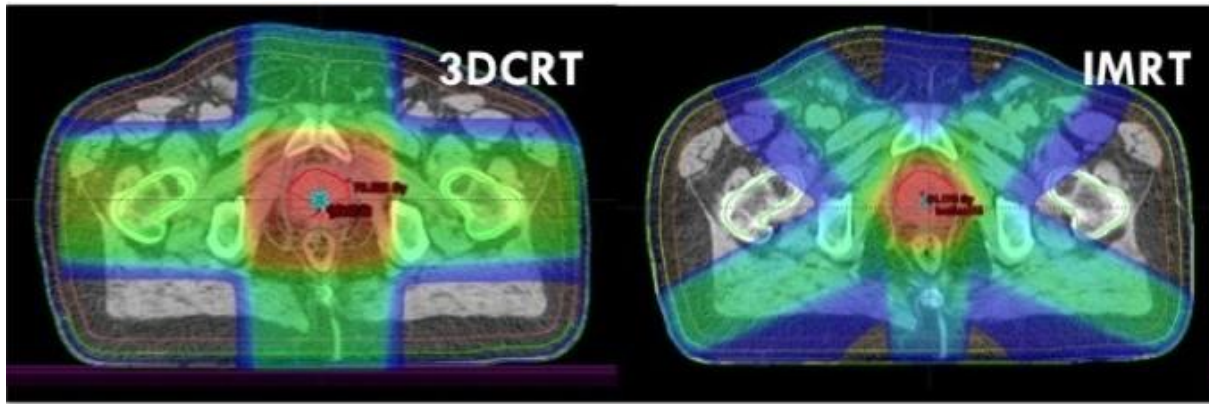


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

4. Ακτινοβόληση με εξωτερικές δέσμες φωτονίων



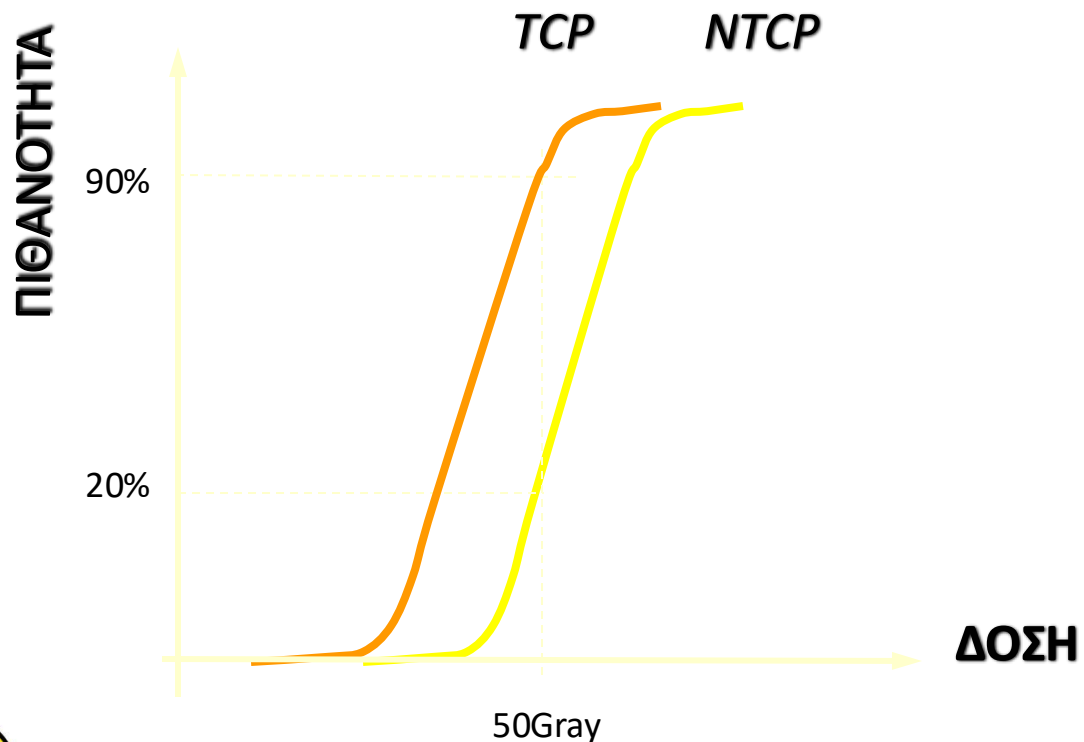


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

Tumor Control Probability (TCP) – Πιθανότητα Ελέγχου Ογκου
&
Normal Tissue Complication Probability (NTCP) – Πιθανότητα Επιπλοκών Υγιών Ιστών



Όσο αυξάνει η απορροφώμενη δόση, τόσο αυξάνει η πιθανότητα ελέγχου της νόσου **αλλά** και η πιθανότητα επιπλοκών των υγιών ιστών. Σε αυτή την κατάσταση επιδιώκεται να ευρεθεί η **βέλτιστη δόση** ώστε να μεγιστοποιηθεί το θεραπευτικό αποτέλεσμα και να **ελαχιστοποιηθεί** η επιβάρυνση των υγιών ιστών.



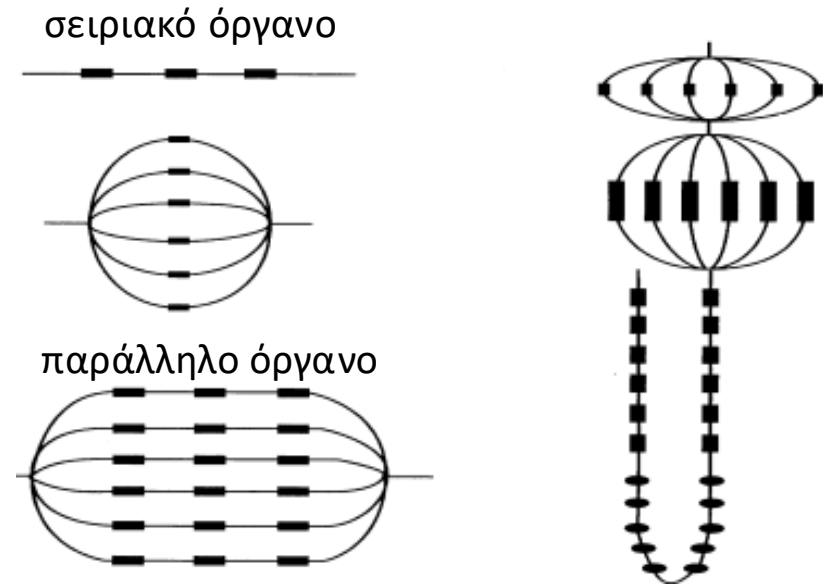


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

- ❑ Οι ιστοί (και τα όργανα) χωρίζονται σε σειριακούς, παράλληλους και μικτούς. Κάθε ιστός οργανώνεται σε υπομονάδες. Σε ένα σειριακό όργανο (π.χ. νευρικός ιστός σπονδυλικής στήλης) αν μια υπομονάδα απορροφήσει δόση μεγαλύτερη από τα όρια ανοχής της, ολόκληρο το όργανο αδυνατεί να λειτουργήσει. Αντίθετα αν σε ένα παράλληλης δομής όργανο (π.χ. ήπαρ) μια υπομονάδα καταστραφεί το υπόλοιπο όργανο συνεχίζει να είναι λειτουργικό.



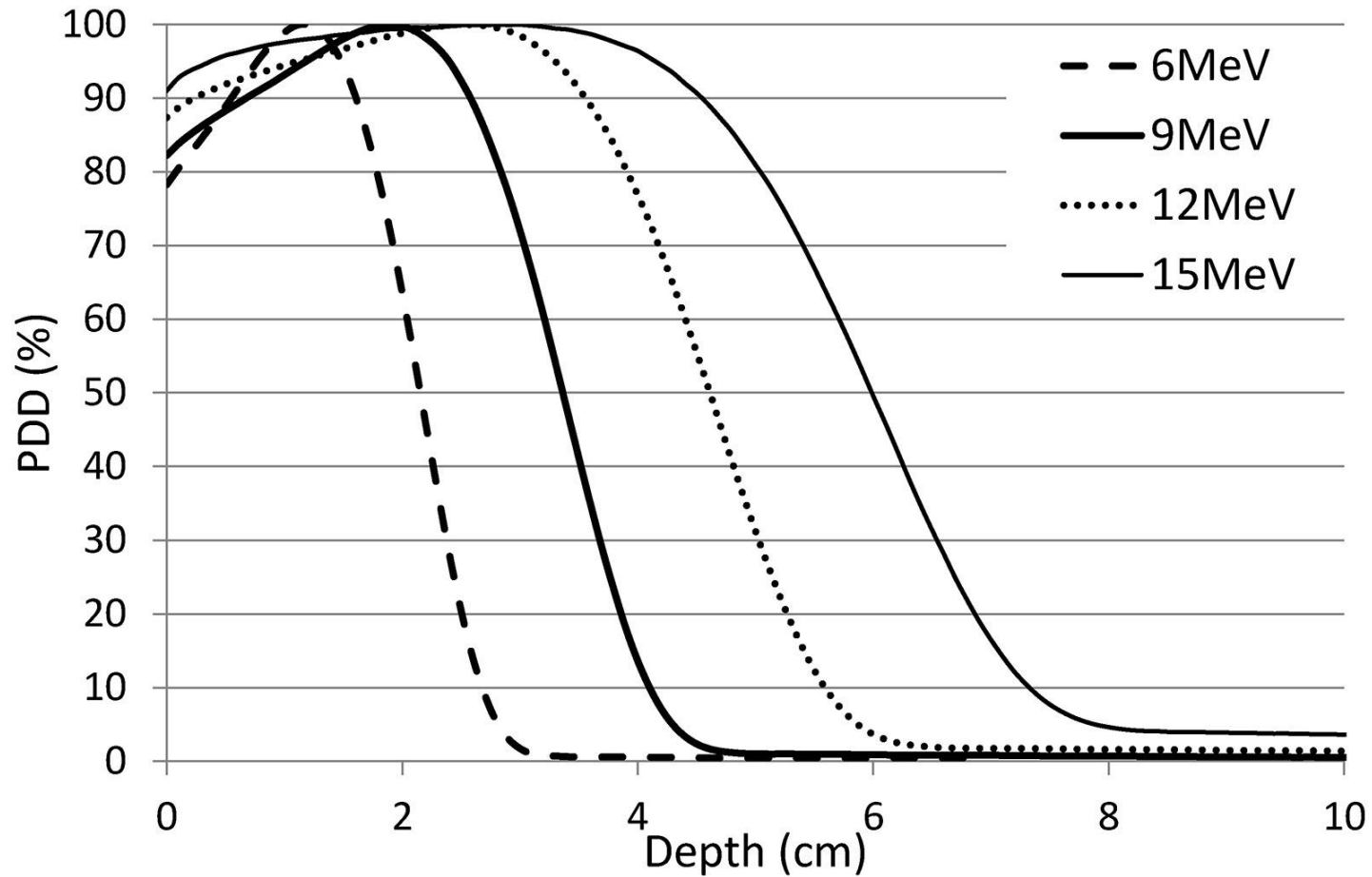
Οργάνωση
Λειτουργικών Μονάδων





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

5. Διάγραμμα δόσης - βάθους



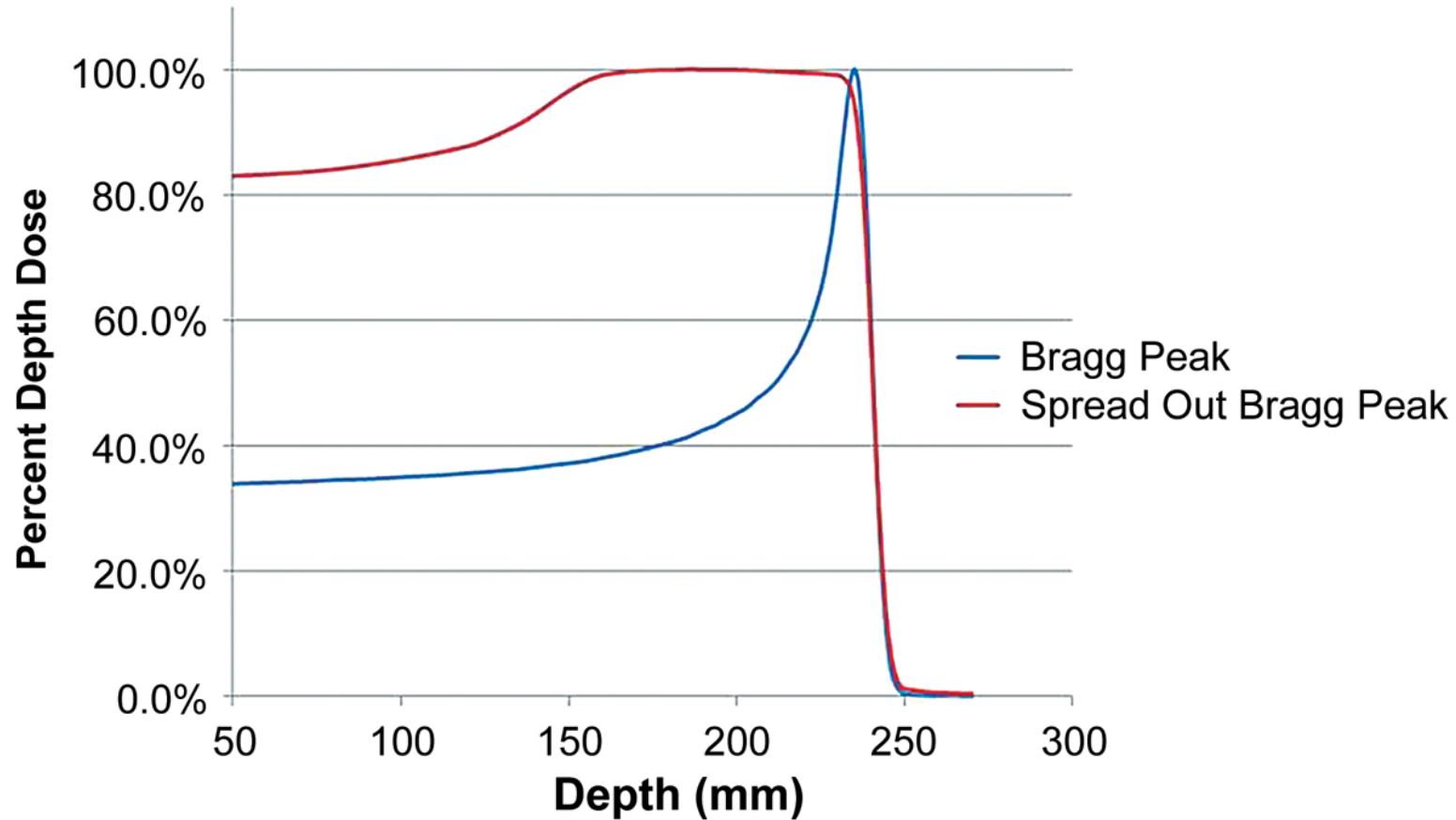
- Η % δόση βάθους αυξάνει με την ενέργεια της δέσμης
- Υψηλότερη Ενέργεια → Μεγαλύτερη Δεισδυτικότητα σε βάθος





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

5. Διάγραμμα δόσης - βάθους



Ένας άλλος τρόπος εκφράσεως των αποτελεσμάτων της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας με την ύλη είναι ο **ειδικός ιονισμός** (specific ionization), που δίνει τον αριθμό των ιόντων, που παράγεται ανά μήκος διαδρομής (π.χ. ανά mm) ενός σωματιδίου σ' ένα συγκεκριμένο μέσο (**καμπύλη Bragg**).



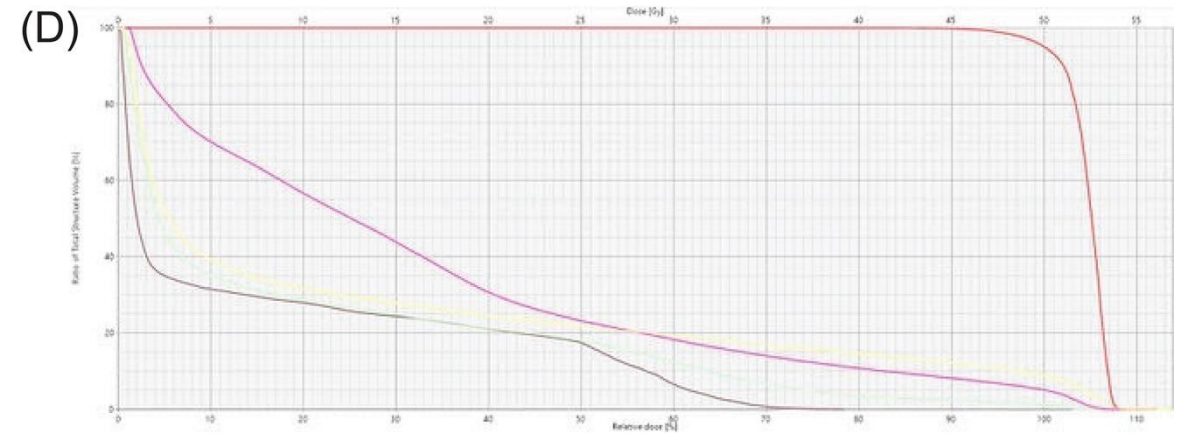
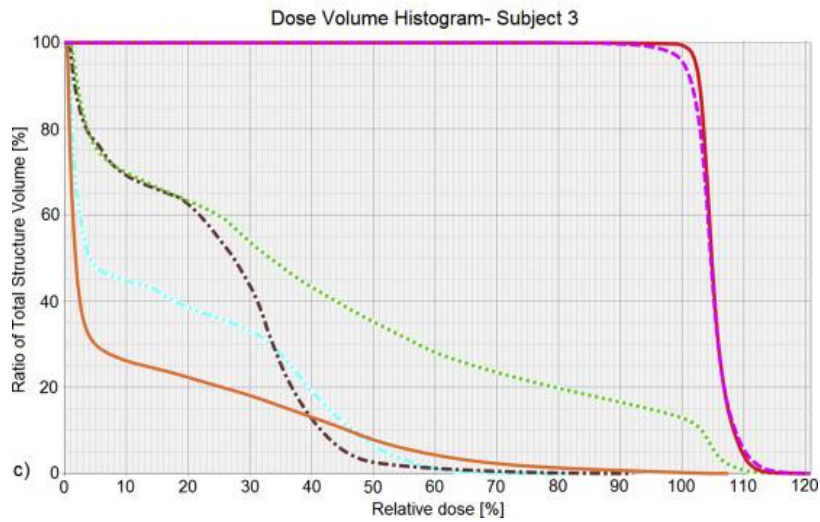
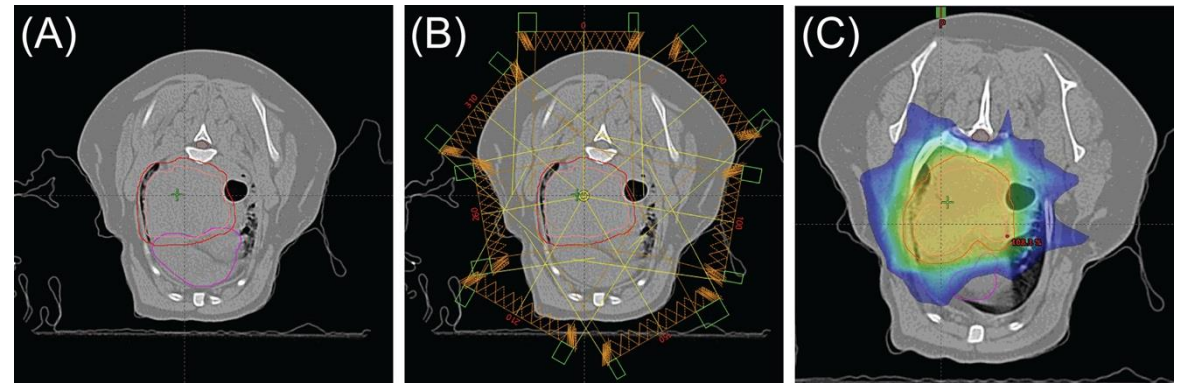
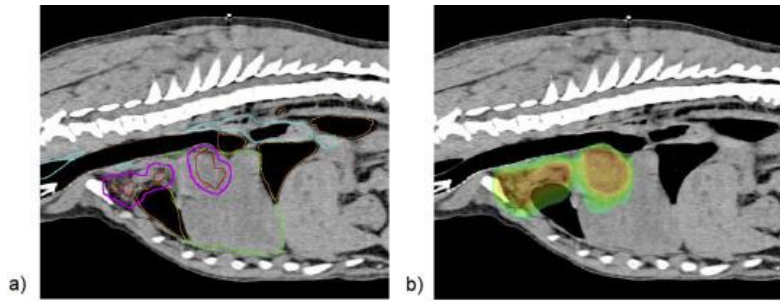


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

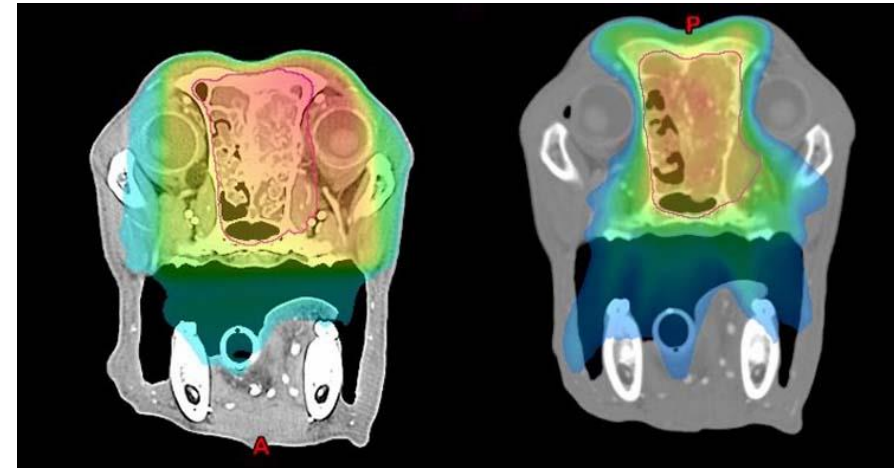
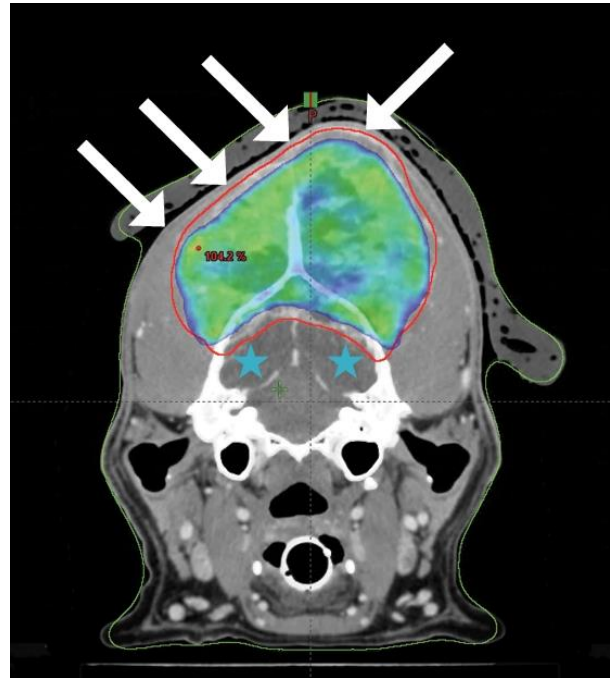
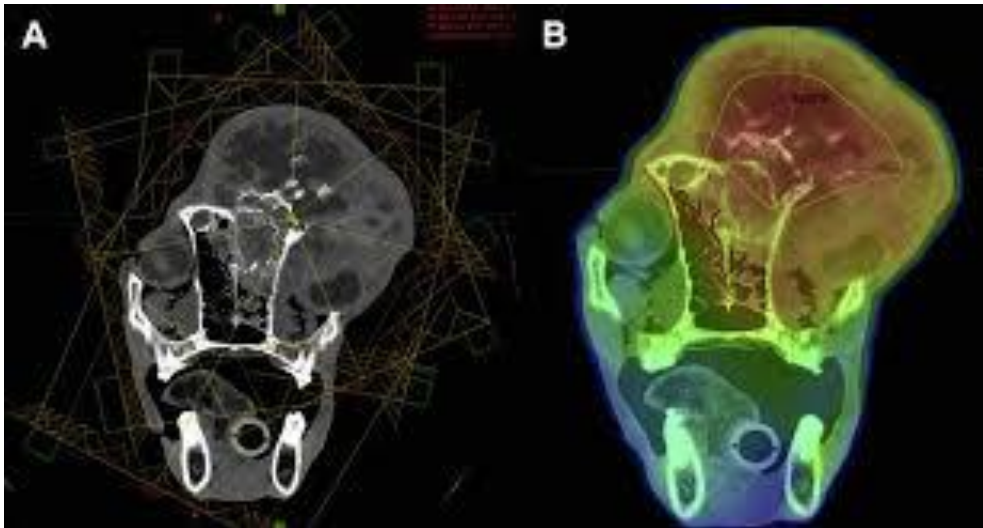
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

6. Παραδείγματα Ακτινοθεραπείας



6. Παραδείγματα Ακτινοθεραπείας





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

7.Ειδικές Θεραπείες

- ✓ Μονάδα κοβαλτίου (Cobalt-60 Unit)
- ✓ Στερεοτακτική Ακτινοθεραπεία (Stereotactic Radiotherapy - SRT) και Στερεοτακτική Ακτινοχειρουργική (Stereotactic Radiosurgery - SRS)
- ✓ Βραχυθεραπεία (Brachytherapy)
- ✓ Ακτινοθεραπεία Υψηλού Ρυθμού Δόσης (High-Dose Rate - HDR Radiotherapy)
- ✓ Θεραπεία με Υποβοήθηση Αναπνοής (Deep Inspiration Breath Hold - DIBH)





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

7.Ειδικές Θεραπείες

- ✓ Μονάδα Κοβαλτίου (Cobalt-60 Unit)

Μονάδες Τηλεθεραπείας- Ραδιοϊσοτόπων

Τα ραδιοϊσότοπα που χρησιμοποιούνται για εξωτερική ακτινοβολήση είναι :

- το Καίσιο-137 (Cs-137) και χρόνο υποδιπλασιασμού 30 έτη, το οποίο εκπέμπει ακτίνες γ ενέργειας 660 keV και
- το Κοβάλτιο-60 (Co-60) με χρόνο υποδιπλασιασμού $T_{1/2} = 5,2$ έτη, το οποίο εκπέμπει δυο ακτίνες γ με ενέργειες 1,17 και 1,33 MeV. Κατά την ραδιενεργή μετατροπή του Κοβαλτίου-60 σε Νικ'ελιο-60 (Co-60 --> Ni-60) λαμβάνεται επίσης ακτινοβολία β με μέγιστη ενέργεια 320 keV η οποία απορροφάται από την κάψουλα της πηγής.

Η δέσμη του Co-60, περιέχει επίσης :

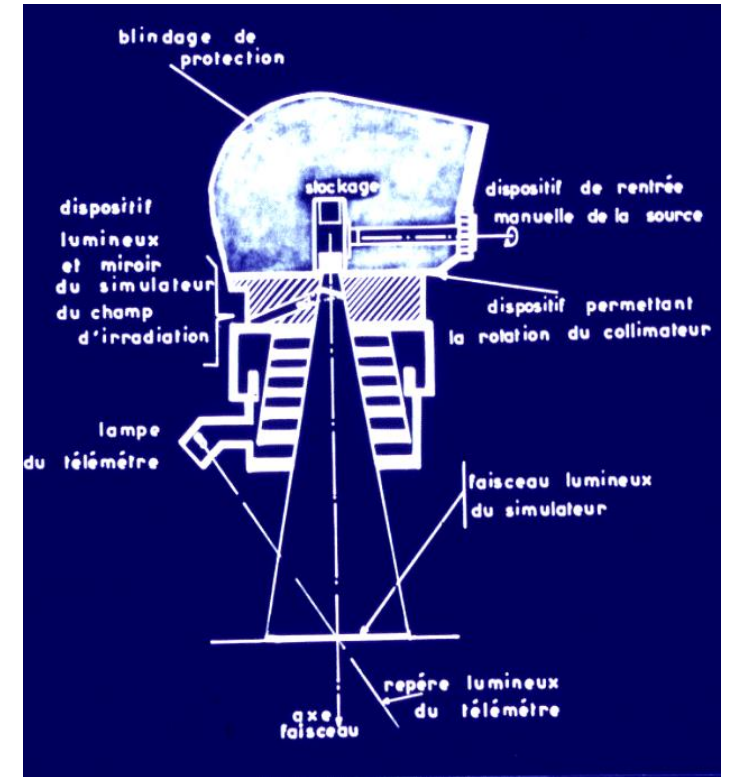
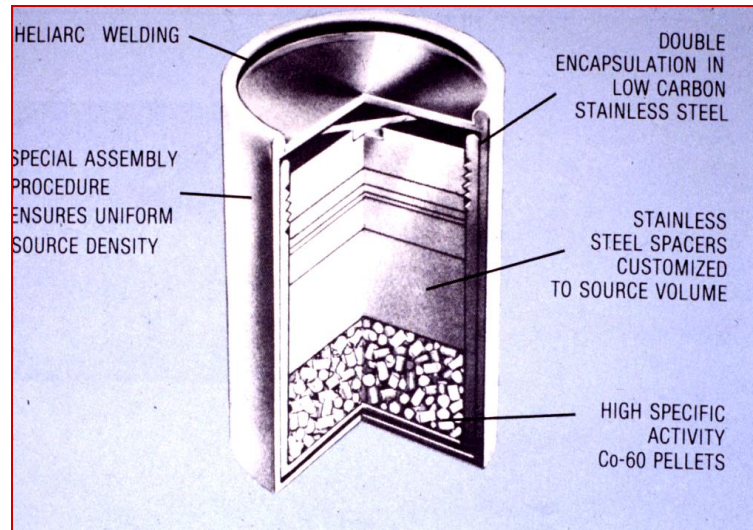
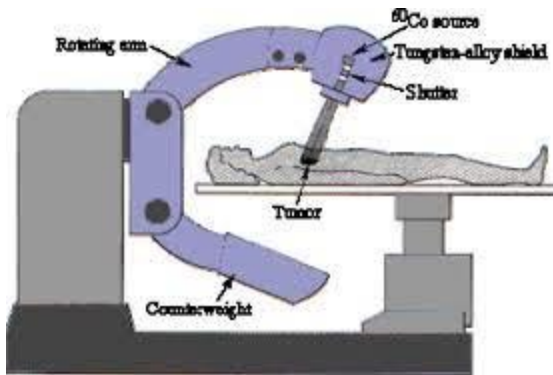
- (α) χαρακτηριστική ακτινοβολία από αντιδράσεις των φωτονίων στην κάψουλα και την ίδια την πηγή, την κεφαλή και τα διαφράγματα.
- (β) ηλεκτρόνια από αντιδράσεις στα παραπάνω μέρη (ηλεκτρονιακή μόλυνση της δέσμης).



7.Ειδικές Θεραπείες

✓ Μονάδα Κοβαλτίου (Cobalt-60 Unit)

- Το Co-60 χαρακτηρίζεται από υψηλή ειδική ραδιενέργεια (Ci/gr) και χρησιμοποιείται ευρέως σε μοναδες τηλεθεραπειας.
- Η πηγή του κοβαλτίου έχει συνήθως τη μορφή κυλίνδρου, δίσκων ή σκαγιών και περιέχεται μέσα σε σφραγισμένη καψουλα από ανοξείδωτο ατσάλι.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

7.Ειδικές Θεραπείες

- ✓ Στερεοτακτική Ακτινοθεραπεία (Stereotactic Radiotherapy - SRT)

Η ASTRO ορίζει ως (SBRT), την χορήγηση υψηλής θεραπευτικής δόσης, “εκριζωτικής δόσης”, με υψηλή ακρίβεια στόχευσης, σε έναν εξωκράνιο όγκο (σώμα) ή μετάσταση, με μεγιστοποίηση της προστασίας των πέριξ υγιών ιστών.

- 1-5 συνεδρίες
- Απότομη πτώση της δόσης (rapid fall-off dose) πέραν του στόχου -ελαχιστοποίηση τοξικότητας πέραν αυτού
- Όγκοι μεγέθους 3-5cm

Ο σκοπός είναι να λάβει ο όγκος-στόχος τη μεγαλύτερη δυνατή δόση ακτινοβολίας, με ακρίβεια χιλιοστού έτσι ώστε να προστατευτούν οι γύρω υγιείς ιστοί.

Συνοψίζοντας, τα οφέλη για τον ασθενή είναι τα ακόλουθα:

- Ακτινοβόληση χειρουργικής ακρίβειας με υψηλό ποσοστό τοπικού ελέγχου
- Χαμηλή και ανεκτή τοξικότητα στους γύρω υγιείς ιστούς
- Βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενούς
- Μείωση του χρόνου θεραπείας σε σχέση με την συμβατική ακτινοθεραπεία.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

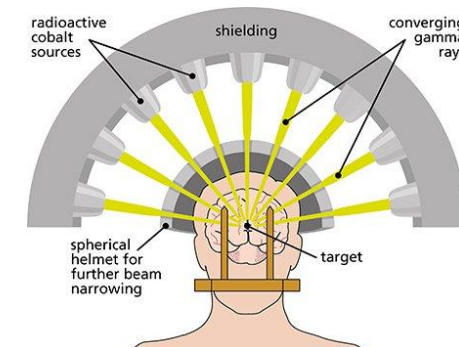
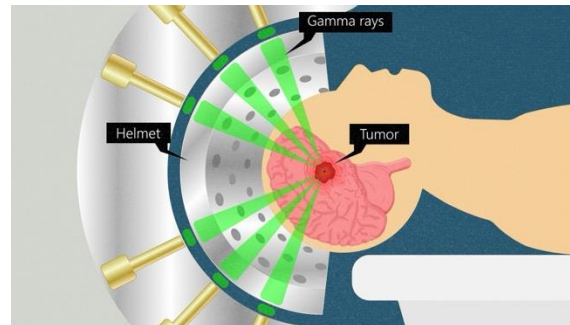
7.Ειδικές Θεραπείες

✓ Στερεοτακτική Ακτινοχειρουργική (Stereotactic Radiosurgery - SRS)

- Η Στερεοτακτική Ακτινοχειρουργική (Stereotactic Radiosurgery, SRS): ακτινοθεραπευτική τεχνική, που συνδυάζει τη χορήγηση υψηλής δόσης ακτινοβολίας σε μία εφάπαξ συνεδρία ή με τη μορφή κλασματοποιημένων δόσεων, όταν απαιτούνται, μέχρι 5 συνεδρίες (fractionated Stereotactic Radiosurgery – fSRS).
- Η στερεοτακτική ακτινοχειρουργική αντιμετωπίζει ανεγχείρητους λόγω θέσης όγκους (γεινίαση με το εγκεφαλικό στέλεχος, το οπτικό χίασμα, τα κινητικά κέντρα, τα κέντρα ομιλίας) υποτροπές από προηγούμενα ακτινοθεραπεία και χαμηλής κακοήθειας γλοιώματα ή νόσους άλλου ιστολογικού τύπου με γνωστή ανταπόκριση στην ακτινοβολία.

Αναφορικά με τη φύση της ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται, σήμερα εφαρμόζονται τρεις μέθοδοι (SRT – SRS).

1. Gamma – knife με τη χρήση ακτίνων γ από πηγές κοβαλτίου (^{60}Co)
2. Ακτινοχειρουργική με γραμμικό επιταχυντή με τη χρήση ακτίνων X, 6 MV (X-knife, Cyberknife)
3. Ακτινοχειρουργική με τη χρήση πρωτονίων – νετρονίων υψηλής ενέργειας



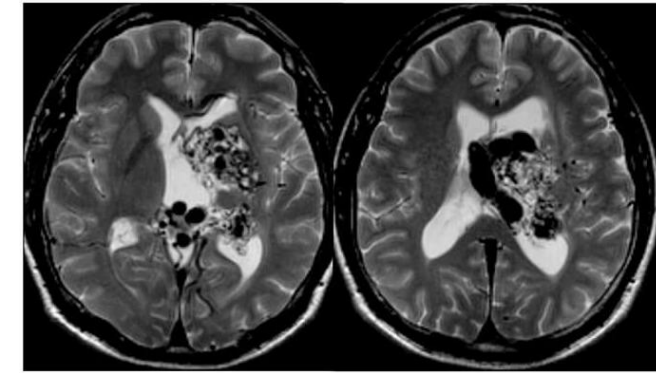


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

7.Ειδικές Θεραπείες

Ενδείξεις SRS –SRT σε ενδοκρανιακές παθήσεις

- **Όγκοι Εγκεφάλου (Πρωτοπαθείς, Καλοήθεις – Κακοήθεις)**
Μηνιγγίωμα του σηραγγώδους κόλπου, Μηνιγγίωμα εκτός σηραγγώδους κόλπου, Ακουστικό Νευρίνωμα, Αδένωμα Υπόφυσης, Υποτροπή γλοιώματος, Μυελοβλάστωμα Ενηλίκων, Αιμαγγειοπερικύττωμα (μονήρης ινώδης όγκος), Μεταστάσεις, Κρανιοφαρυγγίωμα, Αναπλαστικό Επενδύωμα, Λέμφωμα ΚΝΣ
- **Όγκοι βάσης κρανίου**
*Χόρδωμα – Χονδροσάρκωμα, Σφαγιτιδικό Παραγαγγλοίωμα (*glomus jugulares*)*
- **Αγγειακές δυσπλασίες**
Αρτηριοφλεβώδης Δυσπλασία Εγκεφάλου (AVMs), Σηραγγώδες αιμαγγείωμα
- **Λειτουργικές Διαταραχές**
Νευραλγία Τριδύμου, Ιδιοπαθής Τρόμος, Τρόμος N. Parkinson, Χρόνιος Πόνος, Επιληψία
- **Πρωτοπαθείς και Δευτεροπαθείς όγκοι σπονδυλικής στήλης και NM**
- **Όγκοι οφθαλμικού κόγχου – οφθαλμικοί όγκοι**
Μελάνωμα οφθαλμού, Αιμαγγείωμα οφθαλμικού κόγχου, Μηνιγγίωμα ελύτρου οπτικού νεύρου



Αρτηριοφλεβώδης Δυσπλασία
Εγκεφάλου





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

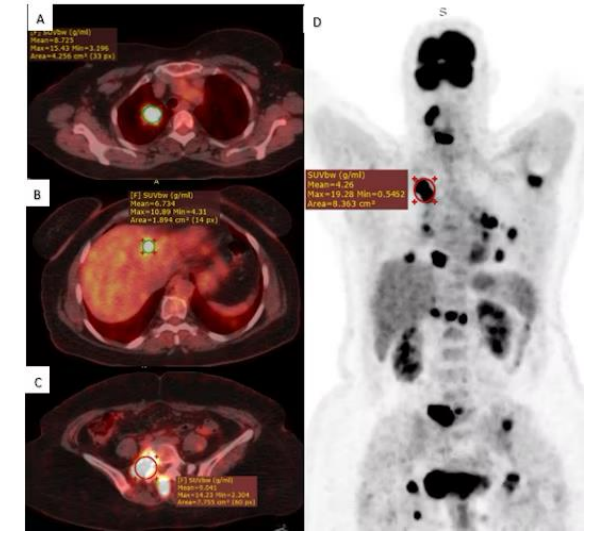
7.Ειδικές Θεραπείες

Ενδείξεις SRT –SBRT σε εξωκρανιακές παθήσεις

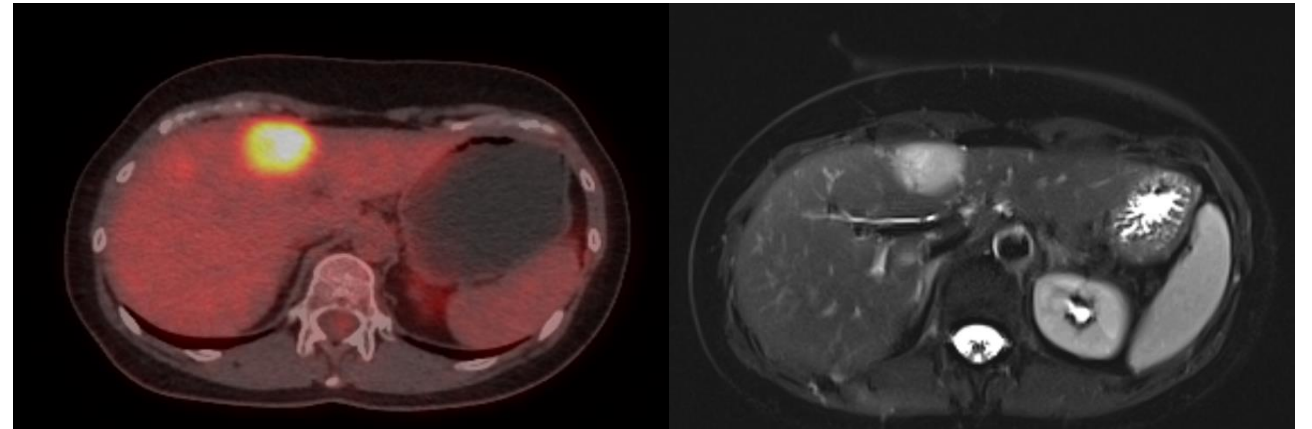
1. Μη Μικροκυτταρικός καρκίνος πνεύμονα
2. Ηπατοκυτταρικός καρκίνος ήπατος
3. Κακοήθη νεοπλάσματα παγκρέατος
4. Ολιγομεταστατική νόσος
5. Δευτεροπαθείς πνευμονικές μεταστάσεις
6. Δευτεροπαθείς ηπατικές μεταστάσεις
7. Δευτεροπαθείς μεταστάσεις επινεφριδίων
8. Κακοήθη νεοπλάσματα πύελου
9. Γυναικολογικός καρκίνος
10. Καρκίνος προστάτη
11. Κακοήθη νεοπλάσματα κεφαλής – τραχήλου.



Ηπατικές μεταστάσεις



Μη μικροκυτταρικός καρκίνος πνεύμονα



Ηπατική μετάσταση. Αριστερά: PET/CT scan, Δεξιά: MRI scan





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

7.Ειδικές Θεραπείες

Ενδείξεις SRS –SRT σε ενδοκρανιακές παθήσεις

- **Όγκοι Εγκεφάλου (Πρωτοπαθείς, Καλοήθεις – Κακοήθεις)**
Μηνιγγίωμα του σηραγγώδους κόλπου, Μηνιγγίωμα εκτός σηραγγώδους κόλπου, Ακουστικό Νευρίνωμα, Αδένωμα Υπόφυσης, Υποτροπή γλοιώματος, Μυελοβλάστωμα Ενηλίκων, Αιμαγγειοπερικύττωμα (μονήρης ινώδης όγκος), Μεταστάσεις, Κρανιοφαρυγγίωμα, Αναπλαστικό Επενδύωμα, Λέμφωμα ΚΝΣ
- **Όγκοι βάσης κρανίου**
*Χόρδωμα – Χονδροσάρκωμα, Σφαγιτιδικό Παραγαγγλοίωμα (*glomus jugulares*)*
- **Αγγειακές δυσπλασίες**
Αρτηριοφλεβώδης Δυσπλασία Εγκεφάλου (AVMs), Σηραγγώδες αιμαγγείωμα
- **Λειτουργικές Διαταραχές**
Νευραλγία Τριδύμου, Ιδιοπαθής Τρόμος, Τρόμος N. Parkinson, Χρόνιος Πόνος, Επιληψία
- **Πρωτοπαθείς και Δευτεροπαθείς όγκοι σπονδυλικής στήλης και ΝΜ**
- **Όγκοι οφθαλμικού κόγχου – οφθαλμικοί όγκοι**
Μελάνωμα οφθαλμού, Αιμαγγείωμα οφθαλμικού κόγχου, Μηνιγγίωμα ελύτρου οπτικού νεύρου





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

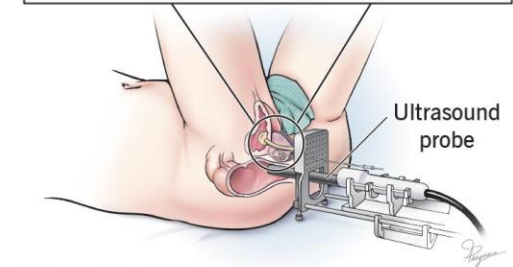
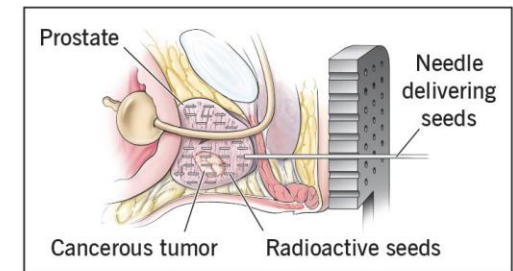
7.Ειδικές Θεραπείες

✓ Βραχυθεραπεία (Brachytherapy)

- Η βραχυθεραπεία είναι μια επεμβατική μορφή ακτινοθεραπείας η οποία έχει ως αντικείμενο τη διεγχειρητική τοποθέτηση ραδιενεργών πηγών εντός του όγκου, είτε ενδοϊστικά είτε ενδοκοιλιακά, όπου αυτό είναι δυνατόν, με τη χρήση ειδικών εφαρμογέων.
- Αποτελεί την πρώτη μορφή θεραπευτικής εφαρμογής της ανακάλυψης του Ραδίου (1898).
- Αυτή, δε, έγινε σε ασθενείς με γυναικολογικό καρκίνο και παραμένει έκτοτε ο κυρίαρχος τρόπος θεραπείας αυτού του νοσήματος. Η βραχυθεραπεία αποτελεί απαραίτητη και αναντικατάστατη μέθοδο θεραπείας για την αντιμετώπιση του γυναικολογικού καρκίνου.
- Η βραχυθεραπεία είναι μια απαραίτητη μέθοδος για καρκίνους όπως του προστάτη και του πνεύμονα, παρέχοντας υψηλές δόσεις ακτινοβολίας τοπικά με ραδιοϊσότοπα. Χρησιμοποιεί ραδιοϊσότοπα (Ράδιο, ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{192}Ir , κ.ά.), τα οποία είναι πηγές υψηλής ενέργειας και μικρών διαστάσεων. Καλύπτει τα όρια της εξωτερικής ακτινοβολίας, βελτιώνοντας τον έλεγχο της νόσου και την επιβίωση.
- Η δόση της ακτινοβολίας που αποδίδουν πέφτει απότομα, σε μικρή απόσταση από την πηγή, παρέχοντας τη δυνατότητα να δοθεί μεγάλη δόση σε μικρό πεδίο



Brachytherapy



Cleveland Clinic ©2023





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

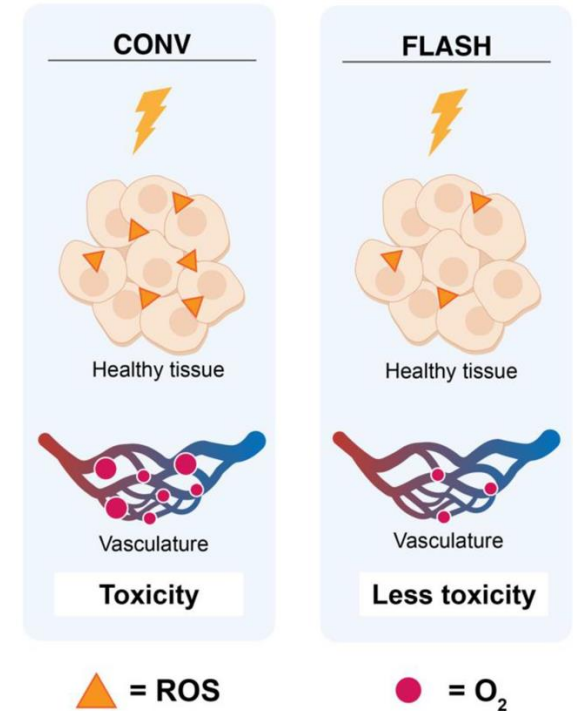
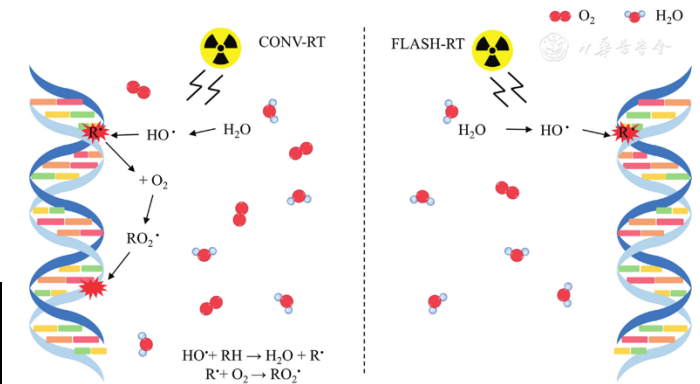
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

7.Ειδικές θεραπείες

✓ FLASH Ακτινοθεραπεία (FLASH - RT)

- Η FLASH Ακτινοθεραπεία (FLASH-RT) είναι μία καινοτόμα ακτινοθεραπευτική-ογκολογική τεχνολογική εξέλιξη κατά την οποία, σε μία και μοναδική συνεδρία διάρκειας 1-2 sec χορηγείται εφάπαξ μία ολική θεραπευτική δόση με υπερ-υψηλό ρυθμό δόσεως (Ultra-high dose rate ≥ 40 Gy/s). Συγκριτικά λοιπόν με την συμβατική, κλασματοποιημένη, χορηγούμενη με συμβατικό ρυθμό δόσεως ακτινοθεραπεία (CONV-RT, Conventional Radiotherapy), η FLASH-RT είναι 400 φορές πιο γρήγορη.
- 1966: Η πρώτη φορά που πειραματιζόμενοι με το ρυθμό δόσης της ακτινοβολίας παρατηρήθηκε πως ποντίκια τα οποία εκτέθηκαν σε σχετικά υψηλούς ρυθμούς δόσης (1Gy/s) είχαν μεγαλύτερο ρυθμός επιβίωσης από ότι ποντίκια τα οποία εκτέθηκαν στο συμβατικό ρυθμό δόσης (0.017Gy/s)





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

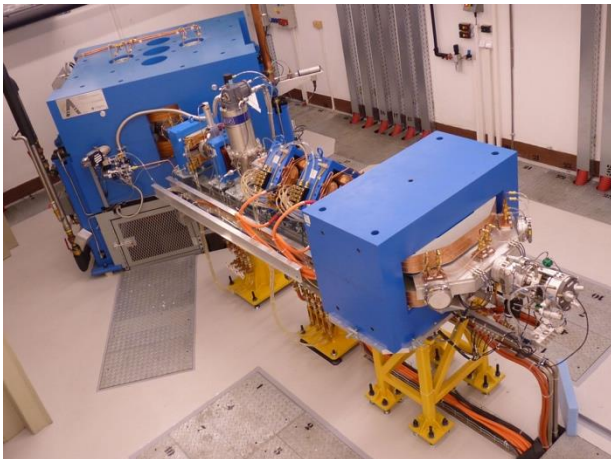
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

8. Ακτινοθεραπεία με την χρήση σωματιδίων

Η εξωτερική ακτινοθεραπεία πραγματοποιείται κυρίως με μηχανήματα που παράγουν είτε ακτίνες X είτε ηλεκτρόνια.

- Σε λίγα εξειδικευμένα κέντρα παγκοσμίως, η εξωτερική ακτινοθεραπεία πραγματοποιείται επίσης με βαρύτερα σωματίδια, όπως:
 - Νετρόνια που παράγονται από κυκλοτρόνια ή γεννήτριες νετρονίων
 - Πρωτόνια που παράγονται από κυκλοτρόνια ή σύγχροτρα
 - Βαρέα ιόντα (ήλιο, άνθρακας, άζωτο, αργόν, νέον) που παράγονται από συγχροκυκλοτρόνια ή σύγχροτρα.



Συγχροτρόνιο και γεννήτρια νετρονίων





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής

