

# Proton CT

Új diagnosztikai eszköz a rák kezelésében

Varga-Kőfaragó Mónika

MTA Wigner FK

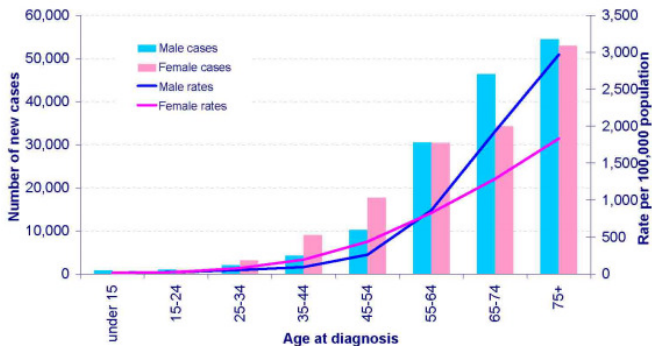
varga-kofarago.monika@wigner.mta.hu

2018. november 13.

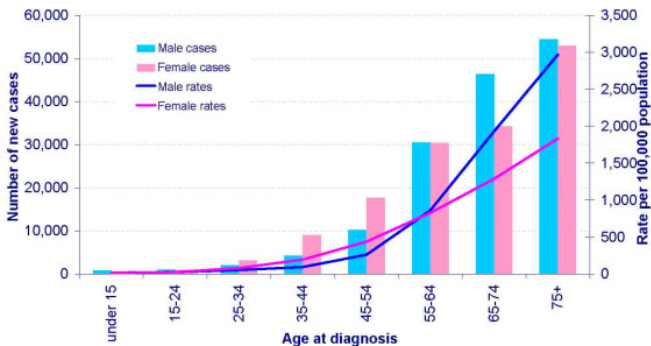
ELTE TTK hét



# Rákos megbetegedések és kezelésük



# Rákos megbetegedések és kezelésük



- Rák sikeres kezeléséhez hozzájárul:
  - 45-50% műtét
  - 40-50% sugárkezelés
  - 10-15% kemoterápia
- A sugárkezelés egy fontos fegyver a rák gyógyításában

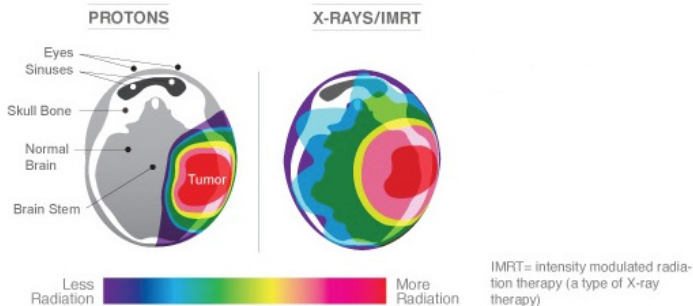
K. Peach, Heavy Ions in Science and Health workshop, Bergen, 2012

# Sugárkezelés és a problémái

- Cél: rákos sejtek DNS-ét roncsolni
- Direkt vagy indirekt ionizációval
- Kezelés fotonokkal vagy töltött részecskékkel (e.g. protonok)
- Fotonok: elsősorban indirekt ionizáció szabadgyökökön keresztül
- Protonok: elsősorban direkt ionizáció

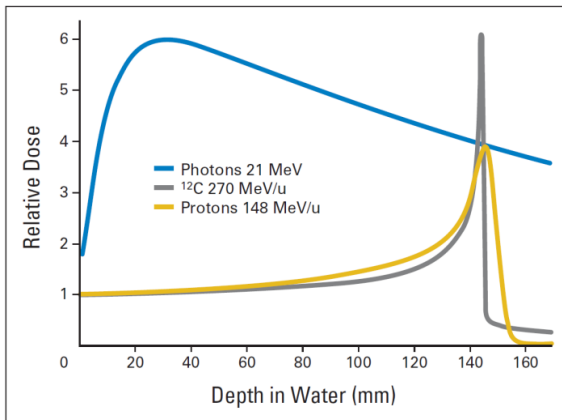
# Sugárkezelés és a problémái

- Cél: rákos sejtek DNS-ét roncsolni
- Direkt vagy indirekt ionizációval
- Kezelés fotonokkal vagy töltött részecskékkel (e.g. protonok)
- Fotonok: elsősorban indirekt ionizáció szabadgyökökön keresztül
- Protonok: elsősorban direkt ionizáció
- Az egészséges szövetek károsodását minimalizálni kell

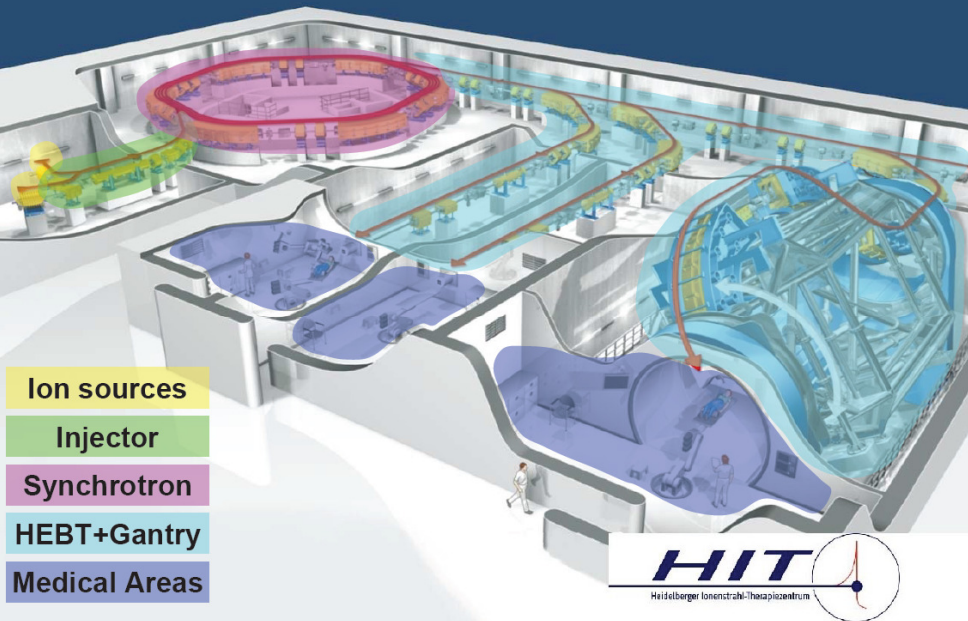


Source: ProCure Training and Development Center

# A hadronterápia előnye

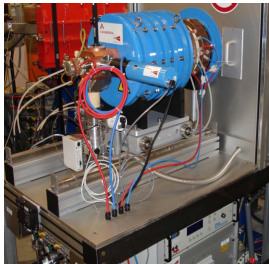


- **Fotonok** közül a legtöbb közvetlenül a belépés után nyelődik el
- **Töltött részecskék**
  - legtöbb energiát a Bragg-csúcsban adják le
  - Kis dózis a tumor előtt
  - Nagyon kis dózis a tumor után (<mm)

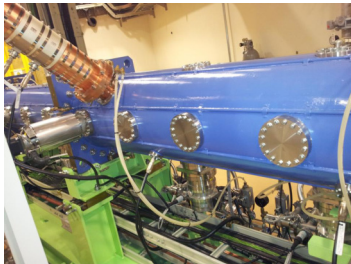


# Kezelő központok

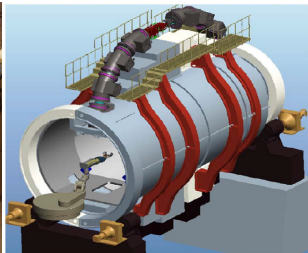
Ion forrás



LINAC



Szinkrotron



Kezelő szoba

Szupravezető  
tartószerkezet

Nyaláb transzport

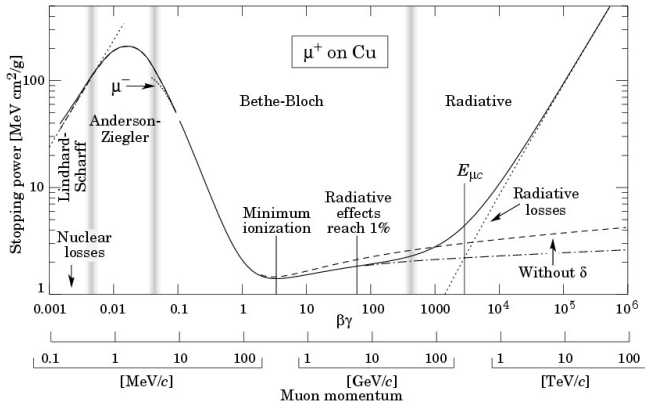


# Proton terápia – hiányzó ismeret

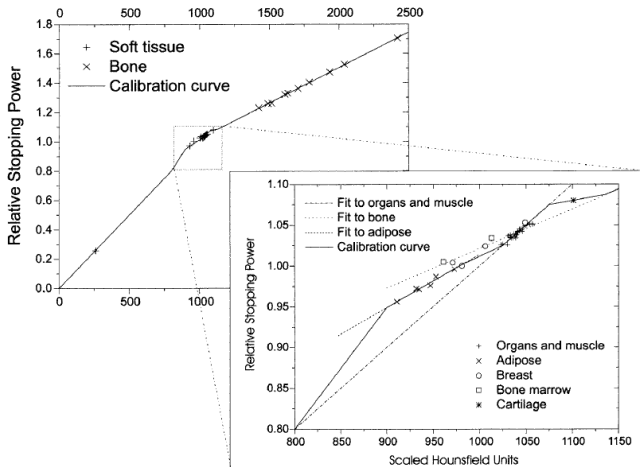
- Protonok energialeadását a tumor előtt pontosan kell ismerni
- Energialeadást a Bethe-Bloch formula írja le:

$$dE/dx \sim \text{elektron sűrűség} \times \ln \frac{\text{max. energia átadás egy ütközésben}}{\text{effektív ionizációs energia}^2}$$

- Energia leadást röntgen CT-ből lehet számolni



# Proton terápia – hiányzó ismeret



- Skálázott Hounsfield egység  $\sim$  elnyelődési együttható
- Nem triviális az összefüggés a protonok energialeadásával

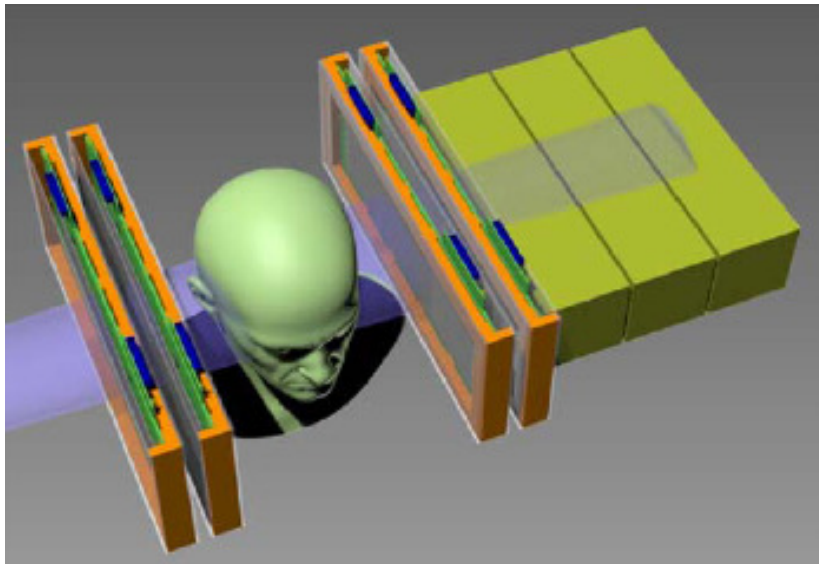
Schaffner, B. and E. Pedroni, The precision of proton range calculations in proton radiotherapy treatment planning: experimental verification of the relation between CT-HU and proton stopping power. Phys Med Biol, 1998. 43(6): p. 1579-92.

- Egy-energiás CT: akár 7.4% bizonytalanság
- Kezelt térfogatot akár 1cm-rel is meg kell növelni a nyalábirányban
- Nyalábirányban nem lehet kritikus szerv a tumor mögött
- Két-energiás CT: 1.7% bizonytalanság
- Proton CT: 0.3% bizonytalanság

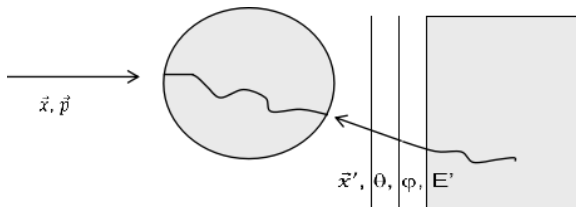
## A comparison of dual energy CT and proton CT for stopping power estimation

David C. Hansen,<sup>1, a)</sup> Joao Seco,<sup>2</sup> Thomas Sangild Sørensen,<sup>3</sup> Jørgen Breede Baltzer Petersen,<sup>4</sup> Joachim E. Wildberger,<sup>5</sup> Frank Verhaegen,<sup>6</sup> and Guillaume Landry<sup>7</sup>

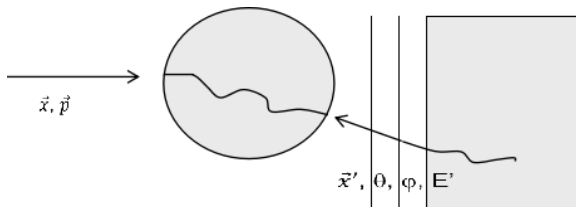
<sup>1)</sup>Department of Experimental Clinical Oncology, Aarhus University



*H.F.-W. Sadrozinski / Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 732 (2013) 34–39*



- $\vec{x}$  és  $\vec{p}$  adott a nyaláboptikából
- $\vec{x}'$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$  és  $E'$  mennyiségeket mérni kell



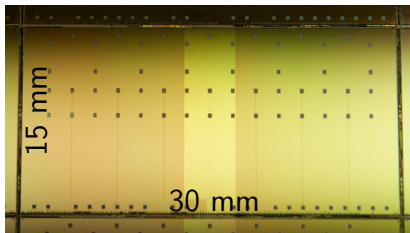
- $\vec{x}$  és  $\vec{p}$  adott a nyaláboptikából
- $\vec{x}'$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$  és  $E'$  mennyiségeket mérni kell
- 3D-ben helyreállítható a protonok útvonala  $\rightarrow$  besugárzás helye
- Külső abszorberben mérhető a megtett táv  $\rightarrow$  elnyelt energia
- Kezelés előtt  $\rightarrow$  elektronsűrűség 3D-s térképe
- Kezelő nyalábbal egyszerre  $\rightarrow$  dózis online ellenőrzése

- Jó helyfelbontás (néhány  $10\ \mu\text{m}$ )
- Egyszerre sok részecskét kell detektálni ( $10^7 - 10^9$  proton/s)
- Gyors kiolvasás
- Sugárzástűrő
- Beteg előtt: vékony szenzor ( $50 - 100\ \mu\text{m}$ )
- Beteg után: jó energiafelbontás



- Nagy felbontású digitális mintavételező kaloriméter

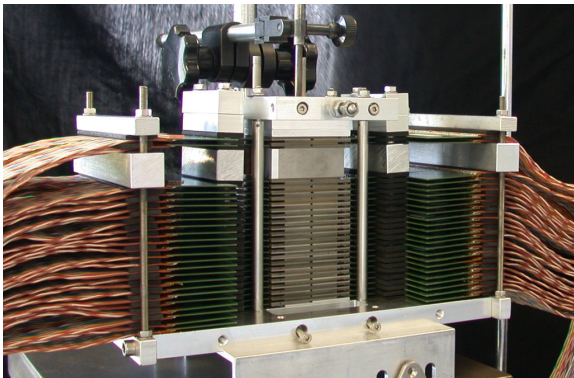
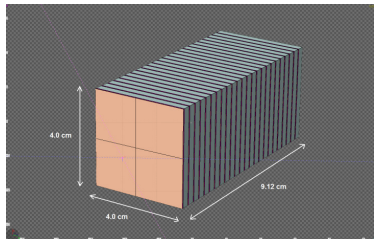
- ALPIDE – **ALICE** **P**ixel **D**etector
- Az ALICE belső nyomkövetőjéhez fejlesztették
- Nagy méretű szilícium detektor (15 mm × 30 mm)
- 512 × 1024 pixel
- Digitális kiolvasás
- Pixelek mérete 27 μm × 29 μm
- Helyfelbontás ~ 5 μm
- Vékony (50 μm vagy 100 μm)
- Detektálási határfok > 99%



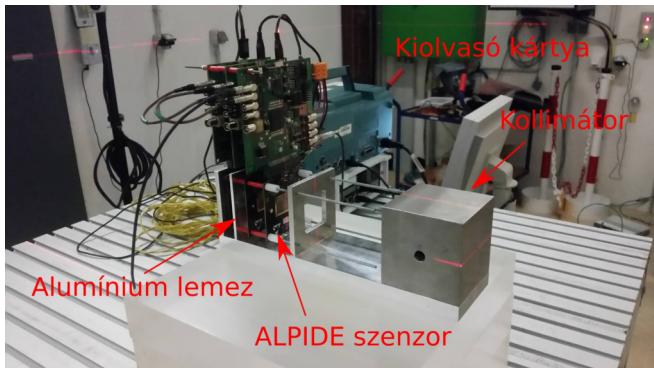


# Digitális kaloriméter prototípusa

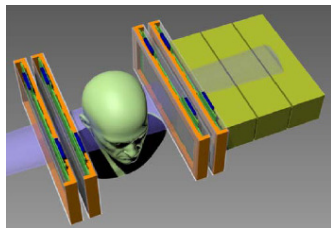
- Aktív rétegek: ALPIDE-hoz hasonló (MIMOSA 23 – IPHC Strasbourg)
- Szilícium-volfrám mintavételező kaloriméter
- Elektromágneses záporhoz optimalizáltak
- Elyelő rétegek: 3.5 mm W



- Proton CT fejlesztésébe lehet becsatlakozni
- MTA Wigner FK-ban néhány fős csoport
- Norvég csoporttal együttműködve
- Elsősorban részvétel a detektor
  - tesztelésében
  - fejlesztésében
  - optimalizálásában
- Szoftver és hardver munka



- Hadronterápia → alacsonyabb felesleges dózis az egészséges szövetekben
- Az energialeadás meghatározása röntgen CT-s mérésekből pontatlan
- **Proton CT:**  
új diagnosztikai eszköz az energialeadás bizonytalanságának csökkentésére
- **Projekt lehetőség:** mintavételező kaloriméter fejlesztése pCT-hez



Köszönöm a figyelmet!

BACKUP