

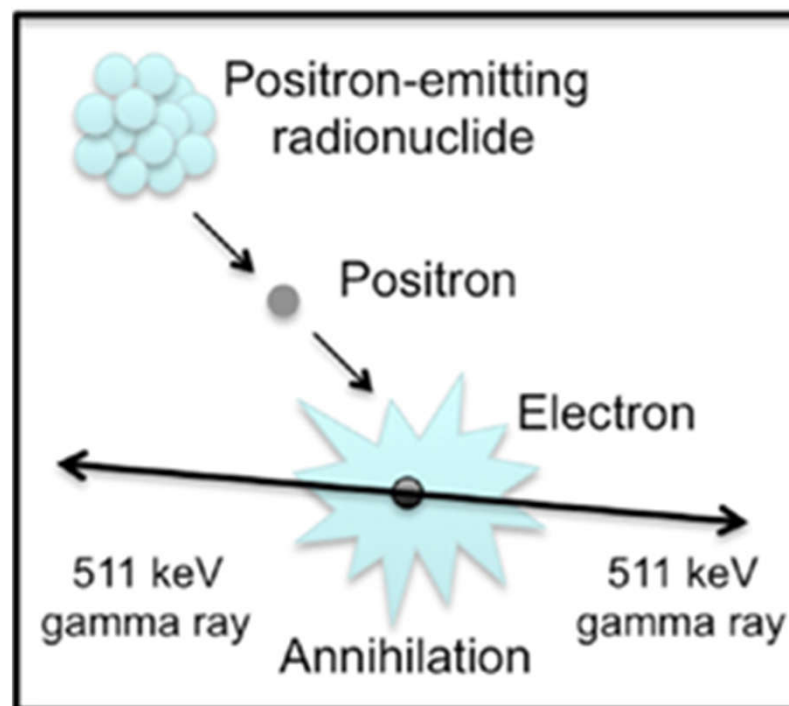
Rekonstrukciós eljárások

Orvosi képdiagnosztika

2017 ősz

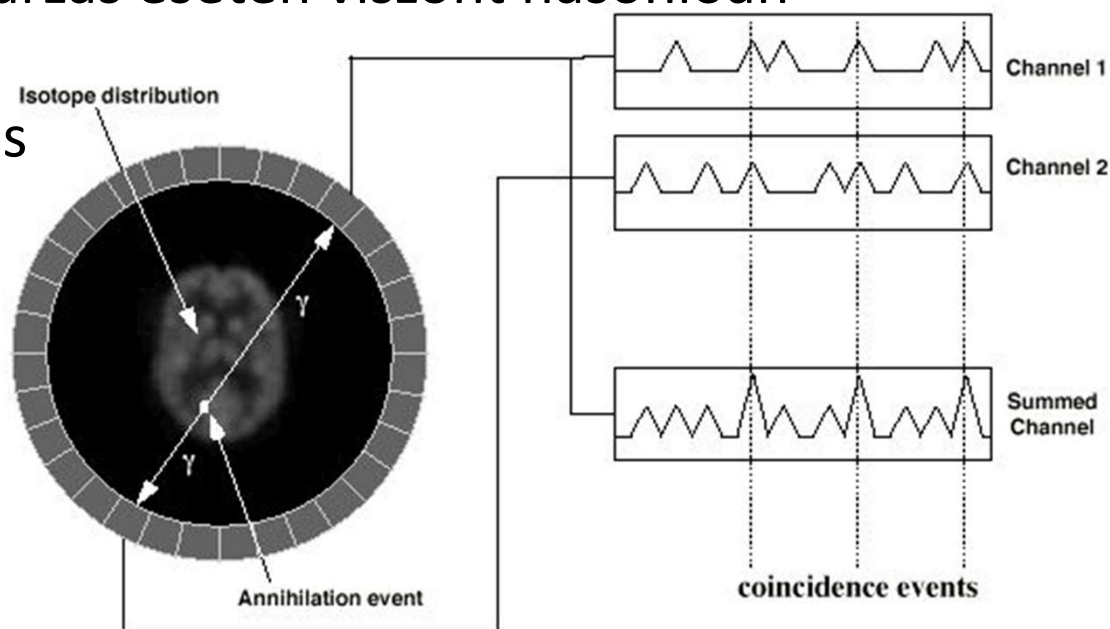
Pozitron emissziós tomográfia alapelve

- Szervezetbe pozitron kibocsátására képes radioaktív izotópot tartalmazó anyagot visznek cukoroldatban.
- Sejtek tápanyagfelvétele miatt nagyobb energiaigényű (pl. gyulladt / daganatos) sejtek helyén több pozitron emisszió.
- Pozitron elektronnal ütközik:
 - Két db, egymással ellentétes irányú γ foton emittálódik.
 - Detektor ezeknek a beütését méri.



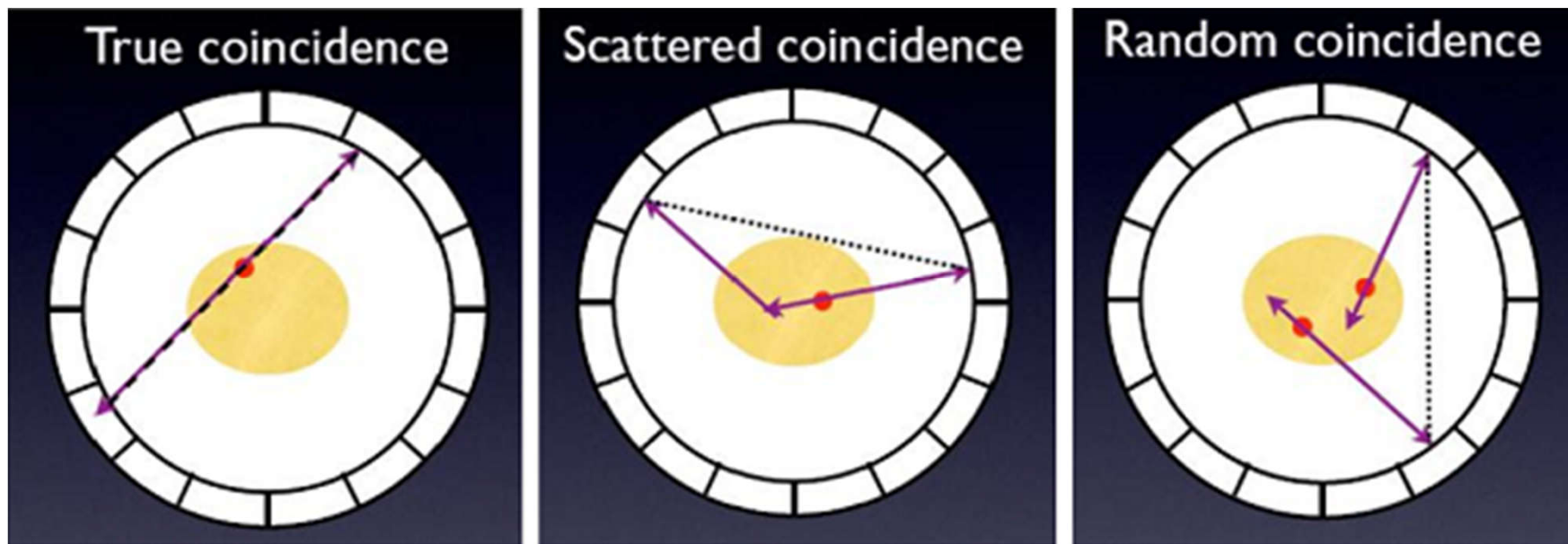
Pozitron emissziós tomográfia rekonstrukciója

- Line of Response : ugyanazon bomló izotóp által kibocsátott γ fotonok beütési helyét összekötő szakasz
 - Érdeemes szem előtt tartani, hogy előre nem határozható meg, hogy egy-egy foton milyen irányba fog haladni
 - Elegendően sok kisugárzás esetén viszont hasonlóan viselkedik, mint akármilyen sugárforrás (Poisson folyamat).



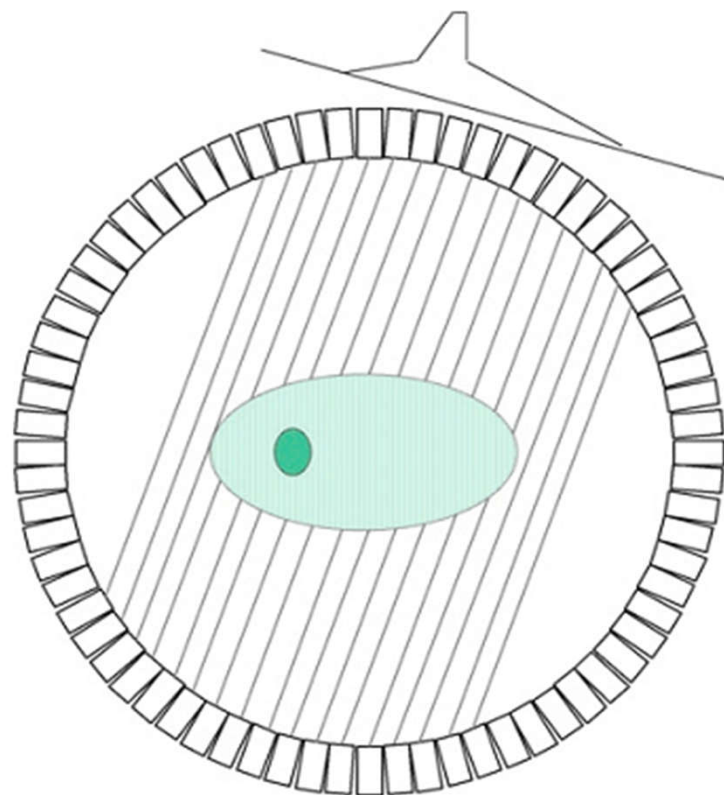
Pozitron emissziós tomográfia projekciók zajának értelmezése

- Sokszor téves LOR-t mérünk:
 - Szóródás (rugalmas ütközés) miatt a térfogaton belül megváltoztatja irányát a γ foton.
 - Két, hozzávetőlegesen egy időben történő bomlás is fals látszólagos LOR-t eredményez.



Pozitron emissziós tomográfia rekonstrukciója

- Rekonstrukció során a LOR-ok interpretálhatóak vetítősugaraknak is (intenzitás meg az adott LOR menti gyakorisága a γ beütéseknek).
- Elegendően sok beütés szükséges az eloszlás becsléséhez:
 - Egy scan kb. 20 perc
 - Nagyságrenddel rosszabb SNR, mint CT esetén



ML-EM rekonstrukció

(Emissziós tomográfiai értelmezés)

- EM eljárások alapelve:
 - Vannak megfigyelt adataink (méréseink), esetünkben a PET LOR-ok mentén érzékelt gamma beütési szám ($y(d)$)
 - Vannak becsülni kívánt adataink ($x(b)$), jelenleg ez a vizsgált szövet pozitron emissziójának a gyakorisága
 - Létezik olyan v.v., mely ha ismert lenne leegyszerűsödne az egész feladat: a PET esetén $p(b|d)$: annak a valószínűsége, hogy a d LOR mentén beütő gamma részecskét a b képlet emittálta.
- Megoldás iteratív, iterációnként két lépés:
 - Expectation lépés: $p(b|d)$ frissítése
 - Maximization lépés: $x(b)$ ML becslése

ML-EM rekonstrukció (Emissziós tomográfiai értelmezés)

- E lépés formálisan - Bayes tétel alkalmazása:

$$p^{(k+1)}(b|d) = \frac{p(d|b) \cdot x^{(k)}(b)}{\sum_{b'} p(d|b') \cdot x^{(k)}(b')}$$

- $p(b|d)$: annak a valószínűsége, hogy a d LOR mentén érzékelt fotonok a b pozíciójú képletből származnak.
- $p(d|b)$: annak a valószínűsége, hogy a b pozíciójú képlet által emittált fotonok a d LOR mentén ütnek be a detektorba. Ennek a tagnak a meghatározása előzetesen történik (nem a becslés feladata). Általában Monte-Carlo szimulációkkal becslik, pontos meghatározása fontos.

ML-EM rekonstrukció (Emissziós tomográfiai értelmezés)

- M lépés célja a sűrűségbecslés frissítése:

$$x^{(k+1)}(b) = \arg \max_x \left\{ p^{(k+1)}(y|x) \right\}(b) = \frac{\sum_d y(d) \cdot p^{(k+1)}(b|d)}{\sum_d p(d|b)}$$

- Elvégezve $p^{(k+1)}(b|d)$ behelyettesítését:

$$x^{(k+1)}(b) = x^{(k)}(b) \cdot \sum_d \frac{y(d) \cdot p(d|b)}{\sum_{b'} x^{(k)}(b') \cdot p(d|b')} \cdot \frac{1}{\sum_d p(d|b)}$$

- Eljárás előnye, hogy expliciten modellezi a zajt

ML-EM rekonstrukció (Emissziós tomográfiai értelmezés)

- Módosító összefüggés interpretációja:

$$x^{(k+1)}(b) = x^{(k)}(b) \cdot \sum_d \frac{y(d) \cdot p(d|b)}{\sum_{b'} x^{(k)}(b') \cdot p(d|b')} \cdot \frac{1}{\sum_d p(d|b)}$$

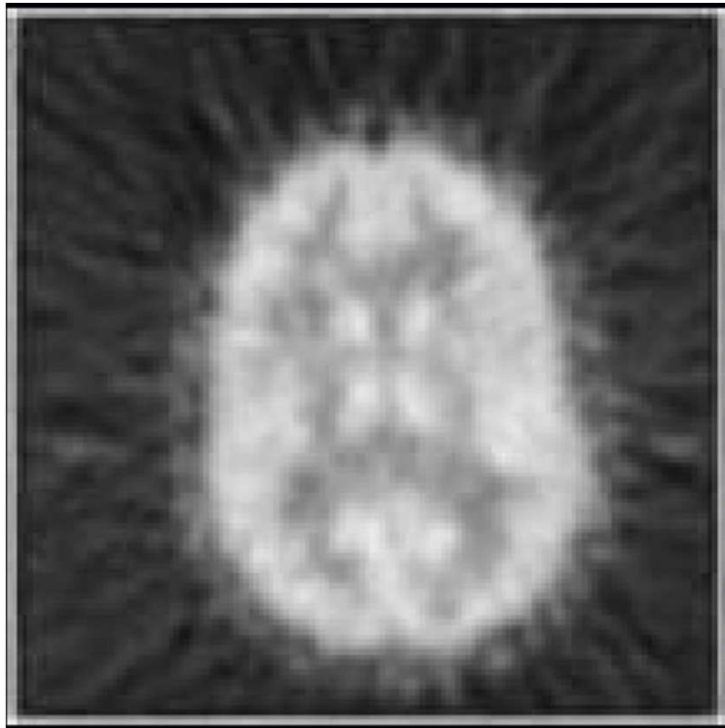
– $\sum_{b'} x^{(k)}(b') \cdot p(d|b')$: aktuális rekonstrukció alapján becsült LOR beütések

– $y(d) / \sum_{b'} x^{(k)}(b') \cdot p(d|b')$: d LOR menti beütések becslésének a hibája

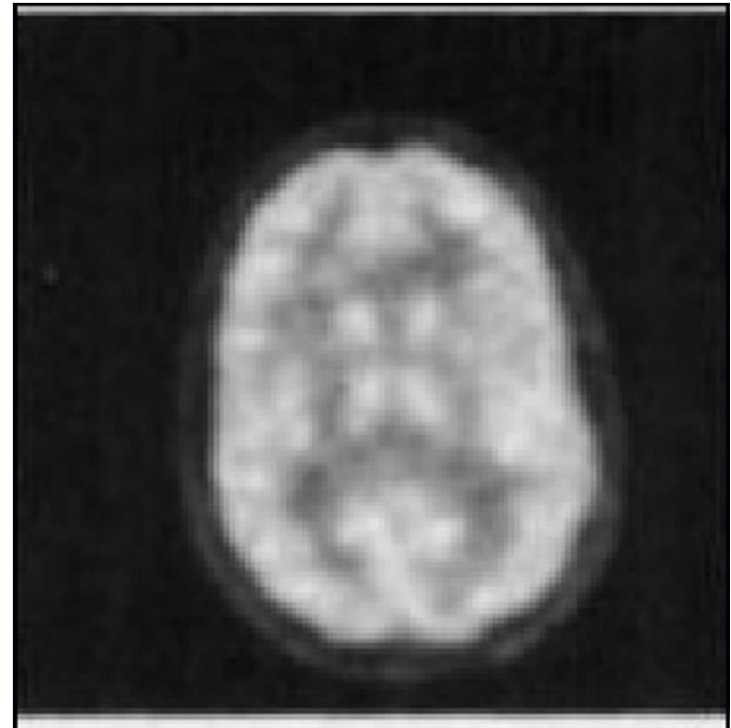
– $\sum_d \frac{y(d) \cdot p(d|b)}{\sum_{b'} x^{(k)}(b') \cdot p(d|b')} \cdot \frac{1}{\sum_d p(d|b)}$: hiba visszavetítése

ML-EM és FBP összehasonlítása (Emissziós tomográfia – PET)

- Kis beütésszám miatt alacsony effektív felbontás
- Ráadásul jelentős nem Gauss-i zaj



FBP rekonstrukció



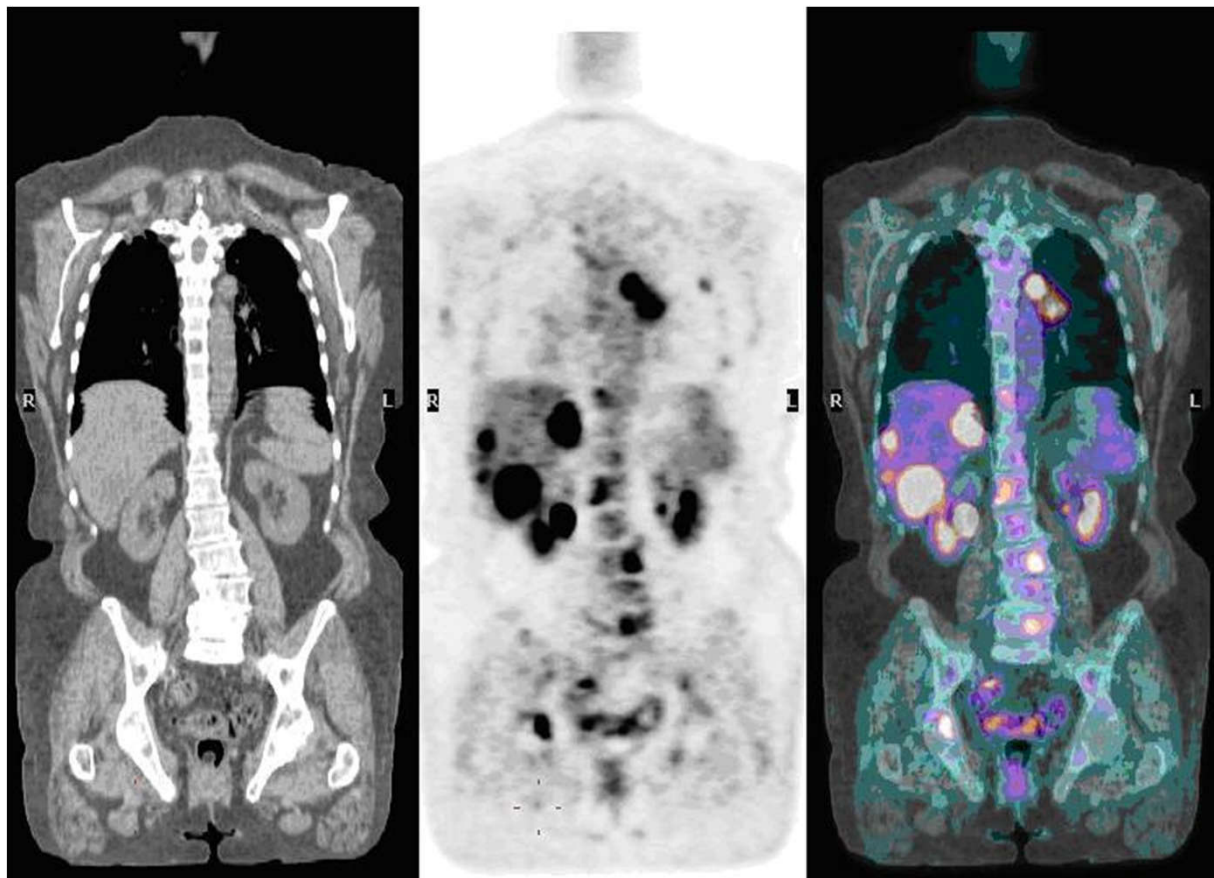
ML-EM rekonstrukció

PET/CT modalitás

- PET funkcionális képet állít elő:
 - Lokalizálhatóak a nagy energiaigényű szövetek
 - Cserébe erősen zajos, rossz minőségű rekonstrukciók
 - Megfelelő zajmodell nélkül lehetetlen értelmezhető rekonstrukciót előállítani vele
- CT rekonstrukciók - morfológiai információ:
 - Kisméretű (korai stádiumú, ezért jó hatásfokkal kezelhető) tumorok nehezen különböztethetőek meg más képletektől.
 - Cserébe kevésbé zajos, felbontását tekintve részletgazdagabb felvételek

PET/CT modalitás

- Rekonstrukció lényegében a PET, illetve a CT rekonstrukciók regisztrálását jelenti



Balról jobbra: CT, PET,
regisztrátum