

# HISTORICKÝ VÝVOJ PET A PRODUKCIA RÁDIOFARMÁK

## HISTORICAL DEVELOPMENT OF PET AND PRODUCTION OF RADIOPHARMACEUTICALS

<sup>1</sup>Klára Gebeová, <sup>2</sup>Ivan Košč

<sup>1</sup>Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Fakulta ošetrovateľstva a zdravotníckych odborných štúdií, Katedra rádiologickej techniky, <sup>2</sup>Akadémia Policajného zboru v Bratislave, Katedra európskeho integrovaného riadenia hraníc

### ABSTRAKT

Vývoj nových zobrazovacích technológií a podrobná analýza fyzikálno-chemických vlastností kľúčových PET rádionuklidov, ako sú fluór-18, uhlík-11 a gálium-68 a ich metódy výroby pomocou cyklotrónov a generátorových systémov prispieva k diagnostike. Výzvy sú spojené s produkciou rádiofarmák, vrátane krátkej doby polpremeny, zabezpečenia kvality a regulačných aspektov. Osobitná pozornosť je venovaná charakteristike a syntéze rádiofarmák, ktorá predstavuje moderný technologický prístup umožňujúci presnejšiu, efektívnejšiu a bezpečnejšiu výrobu. Výsledky naznačujú, že zdokonalenie syntézy, optimalizácia hybridných systémov a vývoj nových rádiofarmák môže zásadne zlepšiť presnosť diagnostiky a personalizovanú medicínu.

*Kľúčové slová: vývoj PET, rádionuklidy, cyklotrón, generátor, hybridné zobrazovanie*

### ABSTRACT

The development of new imaging technologies and detailed analysis of the physicochemical properties of key PET radionuclides such as fluorine-18, carbon-11 and gallium-68 and their production methods using cyclotrons and generator systems contribute to diagnostics. Challenges are associated with the production of radiopharmaceuticals, including short half-lives, quality assurance and regulatory aspects. Special attention is paid to the characterization and synthesis of radiopharmaceuticals, which represents a modern technological approach enabling more precise, efficient and safer production. The results indicate that improving synthesis, optimizing hybrid systems and developing new radiopharmaceuticals can fundamentally improve diagnostic accuracy and personalized medicine.

*Keywords: PET development, radionuclides, cyclotron, generator, hybrid imaging*

Pro stažení a zobrazení celého článku je potřeba se přihlásit

algoritmy na spracovanie dát a syntéza rádiofarmák, čo viedlo k zvýšeniu diagnostickej presnosti a rozšíreniu klinického využitia tejto metódy v nukleárnej medicíne.

### Začiatky vývoja pozitron emisnej tomografie

Základy pozitron emisnej tomografie sa začali formovať v 20. rokoch 20. storočia.

V roku 1928 teoretický fyzik Paul Dirac na základe rovníc kvantovej mechaniky a teórie relativity predpovedal existenciu pozitronu – častice s rovnakou hmotnosťou ako elektrón, ale opačným nábojom. Diracove rovnice ukázali, že subatomárne častice môžu mať buď pozitívny, alebo negatívny náboj, čo malo zásadný vplyv na pochopenie antimaterie. Tento objav otvoril nové možnosti pre výskum v oblasti subatomárnych častíc, čo neskôr umožnilo využitie pozitronov na rôzne aplikácie, vrátane medicínskych zobrazovacích technológií. V roku 1932 experimentálne fyzik Carl David Anderson, pracujúci na California Institute of Technology, potvrdil predpoveď Paul Diraca, keď v kozmických lúčoch objavil častice, ktoré sa správali ako elektróny, ale mali pozitívny náboj. Tieto častice nazval „pozitrony“. Tento objav bol prelomový, pretože preukázal, že antimateria existuje v reálnom svete, čo neskôr umožnilo rozvoj PET technológie. C. D. Anderson získal za tento objav Nobelovu cenu v roku 1936 [12].

Ďalším dôležitým míľnikom

v histórii PET bol objav umelej rádioaktivity. V roku 1934 manželia Irene Curie a Frédéric Joliot dokázali, že bombardovaním niektorých prvkov (ako bór, horčík alebo hliník) alfa časticami môžu tieto prvky emitovať pozitrony, aj po ukončení ožarovania. Tento objav umožnil výrobu rádioaktívnych izotopov, ktoré sa neskôr stali základom pre rádiofarmaká používané v PET zobrazovaní [12].

S pomocou týchto rádioaktívnych izotopov začali vedci skúmať biologické procesy na molekulárnej úrovni, čo otvorilo nové možnosti pre medicínu. Významný technologický pokrok prišiel v roku 1930, keď Ernest Lawrence a jeho tím na Kalifornskej univerzite v Berkeley vynašlo cyklotrón – urýchľovač častíc, ktorý umožnil urýchľovať častice na vysoké energie a bombardovať atómy. Cyklotrón sa stal nevyhnutným nástrojom na výrobu rádioaktívnych izotopov, ako uhlík-11 (<sup>11</sup>C), dusík-13 (<sup>13</sup>N), kyslík-15 (<sup>15</sup>O) a fluór-18 (<sup>18</sup>F), ktoré sú nevyhnutné pre PET technológiu. Cyklotrón umožnil vedcom produkovať dostatočné množstvá rádioaktívnych látok, ktoré sa stali základom pre vývoj rádiofarmák, ako fluórdeoxyglukóza (FDG), ktorá je dnes jedným z najpoužívanejších v zobrazovaní. Vynález cyklotrónu bol revolučný nielen pre výskum v oblasti subatomárnych častíc, ale aj pre biomedicínu. Umožnil výrobu izotopov, ktoré boli nevyhnutné pre sledovanie



Obr. 1 Ernest Lawrence, Glenn Seaborg a Robert Oppenheimer v r. 1946 pri ovládacom paneli 184 IN (inch) cyklotrónu (zdroj: Science Source, 1946). Fotografia symbolizuje úzku spoluprácu fyzikov, ktorí prispeli k rozvoju jadrových technológií a neskôr aj k projektom, ako bol Manhattan Project [12].

rôznych biologických procesov v ľudskom tele. Cyklotrón tak stal základom nielen pre PET, ale aj pre celú oblasť nukleárnej medicíny [12].

### Prvé pokusy s PET

Aj keď základné teoretické a technologické predpoklady pre PET boli položené už v 30. rokoch, skutočné využitie tejto technológie v medicíne sa začalo až v 50. rokoch. Prvé detektory, ktoré umožnili detekciu gama lúčov vznikajúcich pri anihilácii pozitronov, boli vyvinuté koncom 50. rokov. V 70. rokoch sa Michael E. Phelps, spolu so svojim tímom na UCLA, podarilo vytvoriť prvý funkčný PET skener, ktorý umožnil praktické využitie tejto technológie v klinickej praxi. Tento skener, ktorý kombinoval detekciu pozitronov s počítačovým spracovaním obrazu, bol zásadným krokom k zrealizovaniu medicínskych aplikácií PET. V roku 1975 sa uskutočnilo prvé experimentálne zobrazovanie