

Streszczenie

Celem tej pracy jest ocena charakterystyk wydajnościowych Modularnego Jagiellońskiego Tomografu Emisji Pozytonowej (Modular J-PET) zgodnie z uznanymi standardami ustanowionymi przez Narodowe Stowarzyszenie Producentów Sprzętu Elektrycznego (NEMA) dla skanerów tomografii emisji pozytonowej (PET). Modularny J-PET stanowi najnowszy prototyp w grupie Jagiellońskiego PET, wyróżniający się wykorzystaniem pasków scyntylacyjnych z plastiku zoptymalizowanych do precyzyjnej detekcji kwantów gamma lecących w przeciwnych kierunkach, pochodzących z anihilacji elektronu i pozytonu. Modularny J-PET składa się z 24 indywidualnych modułów ułożonych w symetryczny wielobok o 24 bokach, opartych na okręgu o średnicy 73,9 cm. Każdy moduł składa się z 13 sąsiadujących pasków scyntylacyjnych, z których każdy ma długość 50 cm i przekrój o wymiarach 6 mm x 24 mm. Odczyt światła scyntylacyjnego z obu końców jest realizowany za pomocą analogowych fotopowielaczy krzemowych (SiPMs).

Dane zebrane podczas fazy eksperymentalnej zostały poddane analizie przy użyciu oprogramowania znanego jako J-PET Framework. Średnia czułość Modularnego J-PET wyniosła 0.768 ± 0.003 cps/kBq w centrum, z maksymalną czułością wynoszącą 2,1 cps/kBq. Czułość systemu uległa poprawie sześciokrotnie w porównaniu z pierwszą generacją prototypu J-PET z 192 paskami.

Rozdzielczość przestrzenna promieniowa dla metody rekonstrukcji obrazów w trybie TOF wyniosła odpowiednio 4.92 ± 0.56 mm, 7.37 ± 0.49 mm, i 6.94 ± 0.38 mm w odległościach 1 cm, 10 cm i 20 cm od środka detektora. Rozdzielczość przestrzenna styczna dla metody rekonstrukcji obrazów w trybie TOF została ustalona odpowiednio jako 7.37 ± 0.51 mm, 7.37 ± 0.10 mm, i 14.67 ± 0.31 mm w tych samych pozycjach, podczas gdy rozdzielczość przestrzenna osiowa została obliczona jako 30.73 ± 0.52 mm, 30.73 ± 0.64 mm, i 31.96 ± 0.29 mm. Warto zaznaczyć, że wartości rozdzielczości przestrzennej stycznej i promieniowej detektora Modularnego J-PET są zbliżone do tych obserwowanych w komercyjnych urządzeniach PET. Przewiduje się przyszłe ulepszenia w rozdzielczości przestrzennej osiowej poprzez rozszerzenie pola widzenia osiowego skanera oraz zastosowanie technik wykorzystujących przesuwacze długości fali (WLS). Określenie frakcji rozproszenia na podstawie algorytmu SSRB dało wynik 41.68 ± 0.19 [%], co jest zgodne z wartościami obserwowanymi w komercyjnych urządzeniach PET. Aby potwierdzić wyniki eksperymentalne, przeprowadzono symulacje przy użyciu programu GATE.

Symulacje obejmowały ocenę rozdzielczości przestrzennej przy użyciu źródła sodu oraz ocenę czułości i frakcji rozproszeniowej z udziałem fantomów zgodnych ze standardami NEMA. Symulacje wykazały, że Modułarny J-PET osiąga czułość wynoszącą 1.324 ± 0.032 cps/kBq w centrum pola widzenia detektora oraz 1.313 ± 0.001 cps/kBq przy przesunięciu 10 cm od środka tomografu. Maksymalna czułość w centrum pola widzenia detektora wynosi 2,9 cps/kBq przy różnych cięciach wielokrotności. Ponadto frakcja rozproszeniowa, obliczona przy użyciu algorytmu SSRB, wyniosła $(40.25 \pm 2.3)\%$. Rozdzielczość przestrzenna promieniowa dla metody rekonstrukcji obrazów w trybie TOF wyniosła odpowiednio 4.80 ± 0.59 mm, 7.26 ± 0.55 mm, i 6.67 ± 0.42 mm w odległościach 1 cm, 10 cm i 20 cm od środka detektora. Rozdzielczość przestrzenna styczna dla metody rekonstrukcji obrazów w trybie TOF została ustalona odpowiednio jako 7.27 ± 0.47 mm, 7.27 ± 0.59 mm, i 7.27 ± 0.47 mm w tych samych pozycjach, podczas gdy rozdzielczość przestrzenna osiowa została obliczona jako 29.97 ± 0.49 mm, 30.53 ± 0.74 mm, i 31.78 ± 0.11 mm.

Modułarny J-PET, charakteryzujący się jednowarstwową konfiguracją z paskami scyntylacyjnymi o długości 50 cm, wykazuje potencjał do rozszerzenia pola widzenia osiowego poprzez układy wielowarstwowe. W związku z tym prezentowany prototyp Modułarnego J-PET obiecuje efektywny kosztowo rozwój systemu J-PET na całe ciało, wykonanego ze scyntylatorów plastikowych.