

Měření dosahu elektronů na klinickém lineárním urychlovači

V. Cviček, M. Frost, L. Gryc, D. Kupka, J. Prachař, E. Rozkotová, A. Vokálek

Úvod

Radiační onkologie (radioterapie) je významné odvětví onkologie využívající biologických účinků ionizujícího záření k léčbě zejména nádorových onemocnění. Uplatnění nachází mnoho druhů ionizujícího záření – brzdné záření X, záření γ , elektronové záření, těžké nabitě částice i neutrony.

Aby bylo možné elektronovými svazky vhodně ozařovat zhoubné nádory v různých hloubkách lidského těla, je potřeba znát jejich dosahy v lidské tkáni, které jsou jednoznačně určeny jejich energií. Protože v elektronovém svazku jsou také přítomny fotony brzdného záření (vznikající při ztrátě kinetické energie elektronů) a detektor, kterým dosah měříme, je citlivý jak na elektrony, tak na fotony, není jednoduché oba příspěvky odlišit tj. přesně stanovit, kam až doletují elektrony a odkud už je odezva detektoru způsobena pouze brzdným zářením. Z tohoto důvodu definujeme tzv. extrapolovaný dosah elektronů.

Předmětem tohoto miniprojektu bylo určit extrapolované dosahy elektronových svazků o nominálních energiích 6, 9, 12, 16 a 20 MeV.

Materiál a metody

Experiment byl proveden na klinickém lineárním urychlovači Varian CLINAC 2100C na radioterapeutickém oddělení s pomocí polovodičových detektorů a automatického vodního fantomu, což je nádrž s vodou, která se používá jako tkáňově ekvivalentní materiál. Automatický vodní fantom umožňuje měření tzv. procentuální hloubkové dávkové křivky (PHD křivky), což je závislost procentuální odezvy detektoru na jeho hloubce. Měření se provádí tak, že během měření se mění žádoucím způsobem jeho hloubka od povrchu fantomu.

Tímto způsobem byly naměřeny procentuální hloubkové dávkové křivky pro všech pět nominálních energií elektronových svazků (obr. 1). Extrapolovaný dosah se určí z PHD křivky následujícím způsobem: určí se rovnice tečny ke křivce procházející jejím inflexním bodem, dále se určí rovnice tečny k PHD křivce v oblasti, kde je již zřejmé, že odezvu detektoru způsobují pouze fotony brzdného záření, a x-ová (hloubková) souřadnice průsečíku těchto dvou tečen je rovna extrapolovanému dosahu příslušného elektronového svazku (obr. 2).

Výsledky

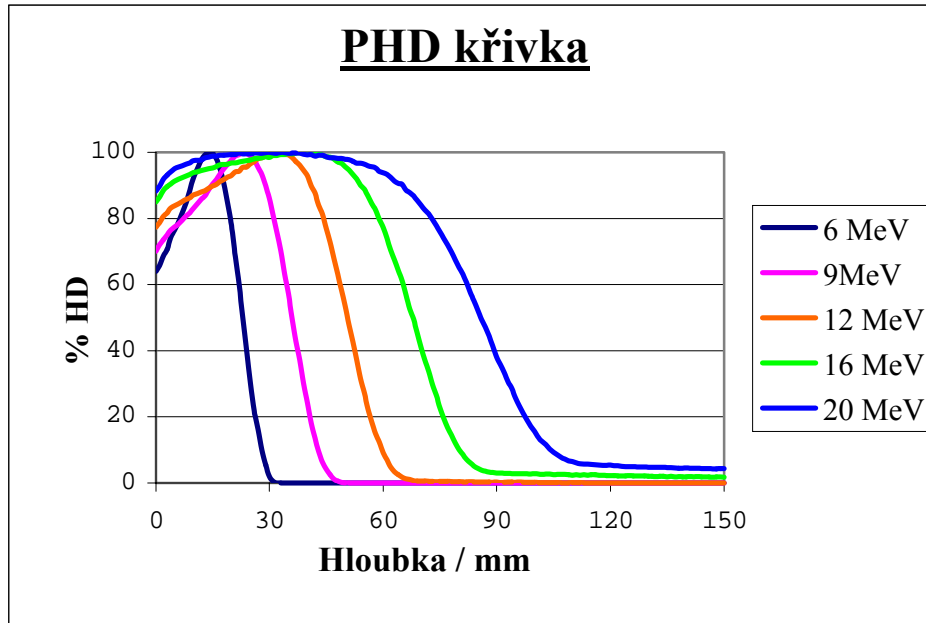
Pro všech pět nominálních energií elektronových svazků byly určeny hodnoty extrapolovaného dosahu. Tyto hodnoty byly porovnány s příslušnými hodnotami, které určil program řídicí detekční systém (automatický vodní fantom + detektory). Výsledky jsou uvedeny v tabulce.

Závěry a diskuze

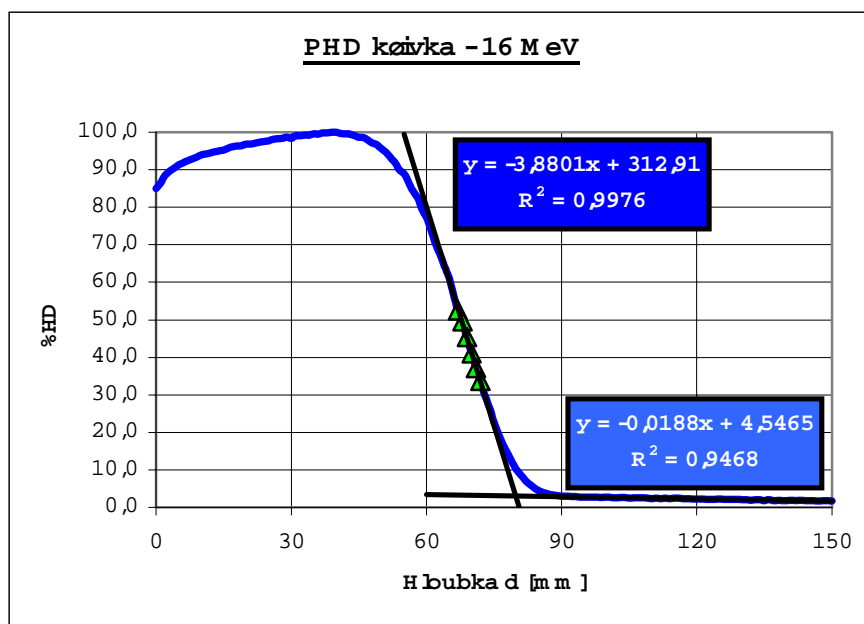
Z výsledků uvedených v tabulce je patrný velmi dobrý souhlas námi určených hodnot extrapolovaného dosahu s hodnotami určenými měřicím detekčním systémem. Rozdíl činí řádově desetiny milimetru a je způsoben pouze rozdílným matematickým algoritmem, který

počítá extrapolovaný dosah z PHD křivek. Větší rozdíly hodnot měřených a určených systémem u menších nominálních energií jsou způsobeny nahrazením derivace diferencemi s krokem 1 mm, což je aproximace, která je tím méně přesná, čím větší je sklon křivky.

Energie	Hodnota určená systémem	Naše naměřená hodnota
6 MeV	28,6	28,2
9 MeV	43,4	43,7
12 MeV	60,1	60,0
16 MeV	79,7	79,7
20 MeV	unknown	102,2



Obr. 1 – PHD křivky pro pět nominálních energií elektronových svazků



Obr. 2 – Metoda výpočtu extrapolovaného dosahu