

## بهینه‌سازی درصد دز عمقی در الکترون‌تراپی از طریق ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی‌ها و سهم‌های متفاوت

محمد جواد طهماسبی بیرگانی<sup>۱</sup>، حمیده نادری<sup>۲\*</sup>، منصور ذبیح‌زاده<sup>۳</sup>، ناهید چگنی<sup>۴</sup>،  
حجت‌اله شهبازیان<sup>۵</sup>، رضا مسکنی<sup>۶</sup>، راحله طبری جویباری<sup>۶</sup>

### چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه از پرتوهای الکترونی برای درمان ضایعات سطحی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. از آنجایی که دستگاه‌های شتاب‌دهنده، پرتوهای الکترونی با انرژی‌های محدود ایجاد می‌کنند، ناحیه درمانی با توزیع دز مطلوب به عمق‌های مشخصی محدود می‌شود. لذا در این مطالعه با ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی‌ها و سهم‌های متفاوت، برای درمان ضایعات سطحی کم‌عمق (تا حدود ۳ cm)، منحنی PDD با توزیع دز مرکزی یکنواخت‌تری در مقایسه با به‌کارگیری باریکه الکترونی تک انرژی ارائه شده است.

**روش بررسی:** با استفاده از دستگاه شتاب‌دهنده واریان برای الکترون‌های با انرژی ۴، ۶، ۹ و ۱۲ MeV برای میدان  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  درصد دز عمقی (PDD) اندازه‌گیری شد. منحنی PDD به منحنی برحسب دز (Dose Curve) تبدیل شد. با استفاده از نرم‌افزار Matlab، تابع ۴ گوسین به منحنی‌های مذکور فیت شد و با ترکیب نسبت‌های مختلفی از این توابع، بهترین ترکیب انتخاب شد.

**یافته‌ها:** با ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی‌ها و سهم‌های متفاوت، درصد دز ناحیه انباشت دز، به حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد دز ماکزیمم و همچنین درصد دز سطح به ۹۰ درصد دز ماکزیمم افزایش یافت.

**نتیجه‌گیری:** ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی کم سبب بهینه‌سازی توزیع دز در منحنی PDD می‌شود. در ضمن با این روش می‌توان به‌طور اسمی از ترکیب انرژی‌های مختلف، انرژی دلخواه الکترون را تولید کرد و بهره‌رمان با استفاده از باریکه الکترونی را افزایش داد.

**کلید واژگان:** پرتوهای الکترونی، توابع ۴ گوسین، منحنی درصد دز عمقی.

۱- دانشیار گروه فیزیک پزشکی.

۲- کارشناس ارشد فیزیک پزشکی.

۳- استادیار گروه فیزیک پزشکی.

۴- استادیار گروه رادیوتراپی و آنکولوژی.

۵- دانشجوی دکتری فیزیک پزشکی.

۶- مربی گروه رادیولوژی.

۱ و ۲ و ۳ و ۵ - گروه فیزیک پزشکی،

دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی

جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۴- گروه رادیوتراپی و آنکولوژی، دانشگاه

علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز،

ایران.

۶- دانشکده علوم پزشکی، بهبهان، بهبهان،

ایران.

\* نویسنده مسؤل:

حمیده نادری؛ گروه فیزیک پزشکی،

دانشکده پزشکی، کمیته تحقیقات

دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی جندی-

شاپور اهواز، اهواز، ایران.

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۲۷۴۹۲۳۰۱

Email:

h.naderi.medph@gmail.

com

مطالعه، (از سطح تا عمق ۳cm)، یک بافت بسیار حساس به اشعه وجود داشته باشد، بیشتر احساس می‌شود. از آنجا که دز بافت‌های نرمال بعد از تومور، باید تا حد ممکن کم باشد، در چنین مواردی از بلوس (Bolus) مناسب استفاده می‌شود که در این صورت، پوست و حجم تومور، دز تجویزی را دریافت می‌کنند؛ در حالی که دز بافت‌ها و ارگان‌های حیاتی زیر آن کاهش معناداری خواهد داشت (۲، ۳). مشخص شده است که در الکترون‌تراپی دز سطح با افزایش اندازه میدان و افزایش انرژی الکترون، افزایش می‌یابد. همچنین دز ماکزیمم با افزایش ضخامت بلوس به سمت سطح جابه‌جا خواهد شد (۲). برای مثال، دز پوست در رادیوتراپی مماسی قفسه سینه با استفاده از ۲mm بلوس مش Aquaplast تا حدود ۸۲ درصد افزایش داشته است (۲) مطالعات نشان داده که در مواردی سطح نامنظم بلوس باعث افزایش ناهمگنی دز در حجم هدف در طراحی شده است که این ناهمگنی می‌تواند با استفاده از پرتوهای الکترونی با شدت تعدیل یافته بهبود یابد (۴). ترکیب پرتوهای الکترونی با پرتوهای فوتونی در مقایسه با به‌کارگیری دو پرتوی فوتونی نیز می‌تواند باعث بهبود در نتایج درمان شود (۴).

امروزه از پرتوهای الکترونی برای درمان ضایعات پوستی و سطحی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. از آنجایی که دستگاه‌های شتاب‌دهنده، پرتوهای الکترونی با انرژی‌های محدودی ایجاد می‌کنند، ناحیه درمانی به یک عمق مشخص محدود می‌شود. لذا در این مطالعه با ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی‌های مختلف و سهم‌های متفاوت، برای درمان ضایعات سطحی کم‌عمق (تا حدود ۳cm)، منحنی درصد دز عمقی با توزیع دز مرکزی یکنواخت‌تر در مقایسه با به‌کارگیری باریکه الکترونی تک انرژی، ارائه شده است؛ به‌طوری‌که در ترکیب انرژی‌ها، درصد دز عمقی در ناحیه انباشت دز (Build-Up)، به حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد دز ماکزیمم و درصد دز سطحی به حدود ۹۰ درصد دز ماکزیمم افزایش یافته است.

پرتودرمانی استفاده از پرتوهای یون‌ساز برای از بین بردن و کوچک کردن بافت‌های سرطانی است. دقت در تحویل دز در رادیوتراپی بسیار مهم است، زیرا نتایج بالینی و اندازه‌گیری نشان می‌دهد که کنترل تومور و پاسخ بافت نرمال به شدت وابسته به مقدار دز جذبی در بافت می‌باشد. بنابراین تغییرات کوچکی در دز درمانی می‌تواند موجب تغییر زیادی در پاسخ تومور یا بافت نرمال شود. تاکنون روش‌های مختلفی در پرتودرمانی توسعه یافته‌اند.

امروزه درمان با باریکه‌های الکترونی یکی از روش‌های مهم پرتودرمانی است و در بعضی از موارد، درمان جایگزینی برای الکترون‌درمانی وجود ندارد (۱، ۲). مشخصه الکترون افت سریع دز در ناحیه بعد از تومور است. کاربرد اصلی الکترون در درمان سرطان‌های پوست و لب، درمان دیواره قفسه سینه در سرطان پستان، افزایش و تقویت دز به غدد و درمان تومورهای سر و گردن است. اگرچه بسیاری از این تومورها با پرتوهای ایکس سطحی، براکی‌تراپی و یا باریکه‌های فوتونی مماسی قابل درمان می‌باشند، ولی درمان آن‌ها با الکترون، مزایایی چون همگنی دز در حجم هدف و همچنین کاهش دز به بافت‌های عمقی‌تر را به‌همراه دارد (۱).

برد عملی الکترون از رابطه  $R = \frac{E}{3}$  به دست می‌آید که E انرژی بر حسب Mev و R برد الکترون بر حسب سانتی‌متر است (۱). بنابراین برای درمان تومورهای ۵ تا ۶cm از الکترون‌های با انرژی ۱۵ تا ۲۰Mev استفاده می‌شود و برای درمان عمق‌های کمتر باید از انرژی‌های کمتر، مثلاً ۴، ۶ و ۹Mev استفاده کرد که مشکل این حدود از انرژی‌ها، نداشتن ناحیه یکنواخت و همگن برای ناحیه درمان است. همچنین در انرژی‌های کم، نسبت دز سطحی به دز ماکزیمم کم است. مزیت این پرتوها به درمان ضایعات سطحی پوست محدود می‌شود و احتمال عود مجدد وجود دارد (۲). فیلدهای تک انرژی الکترون با انرژی بالا مانند ۱۲، ۱۵ و ۱۸Mev، دز سطحی بالایی دارند، ولی گستردگی محدوده عمق با دز بالا در این انرژی‌ها، بیش از عمق بافت هدف مورد مطالعه (تا حدود ۳cm) است. عدم مزیت این گستردگی محدوده با دز بالا، به‌طور خاص در مواردی که بعد از عمق بافت هدف مورد

## روش بررسی

سطح تا عمق مورد نظر در این مطالعه (حدود ۳cm) داشت، به دست آید. در انتها منحنی دز به دست آمده، به عمق دز ماکزیمم نرمالیزه شد و منحنی PDD نهایی حاصل از ترکیب انرژی‌های به کار رفته، استخراج شد. همچنین برای به دست آوردن مقدار  $R_{50}$  در این تابع، PDD برابر دز نقطه ۵۰ درصد فرار گرفت و با حل این معادله،  $R_{50}$  محاسبه گردید. سپس با رسم خط مماس در نقطه دز ۵۰ درصد بر تابع گوسی و قطع دادن آن با خط افقی مماس بر دنباله منحنی، مقدار  $R_p$  محاسبه گردید و متعاقب آن انرژی میانگین ( $E_0$ ) و محتمل-ترین انرژی ( $E_p$ ) نیز به دست آمد. رابطه (۲) عمق رفرنس را نشان می‌دهد. (۲)

$$Z_{ref} = 0.6R_{50} - 0.1$$

## یافته‌ها

برای ترکیب دو انرژی ۴ و ۹Mev منحنی‌های دز (DC) برحسب عمق (z) در شکل ۱ رسم شده است. بهترین منحنی PDD مربوط به ترکیب دو انرژی ۴ و ۹Mev است؛ به طوری که ۱۰ درصد = Alfa و ۱۰۰ درصد = Alfa+Beta یعنی ۱۰ درصد از دز تجویزی از طریق انرژی ۴Mev و ۹۰ درصد از آن از طریق انرژی ۹Mev اعمال می‌شود که در شکل ۲ رسم شده است.

برای ترکیب سه انرژی ۴، ۶ و ۹Mev منحنی‌های دز (DC) برحسب عمق (z) در شکل ۳ و برای ترکیب‌های ۴، ۶، ۹، ۱۲Mev و ۶، ۹، ۱۲Mev به ترتیب در شکل‌های ۴ تا ۶ رسم شده‌اند.

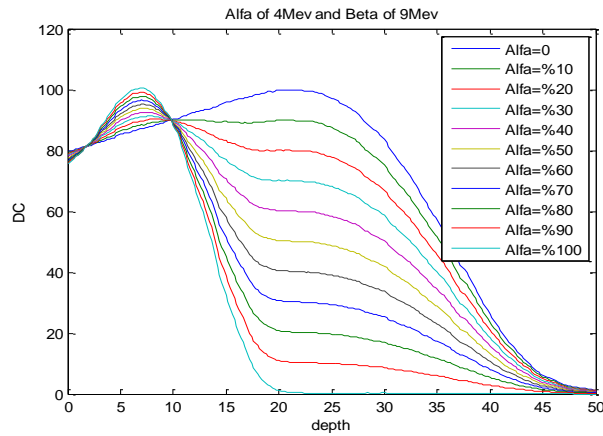
بهترین منحنی PDD در ترکیب سه انرژی برای ۸ درصد = Alfa و ۱۰ درصد = Beta به دست آمد؛ یعنی ۸ درصد از دز تجویزی از طریق انرژی ۴Mev و ۱۰ درصد از آن از طریق انرژی ۶Mev و ۸۲ درصد باقی‌مانده، از طریق انرژی ۹Mev اعمال می‌شود که در شکل ۷ رسم شده است.

نقاط  $R_p$  و  $R_{50}$  در منحنی PDD برحسب عمق برای بهترین ترکیب دو انرژی ۴ و ۹Mev در شکل ۸ نمایش داده شده است.

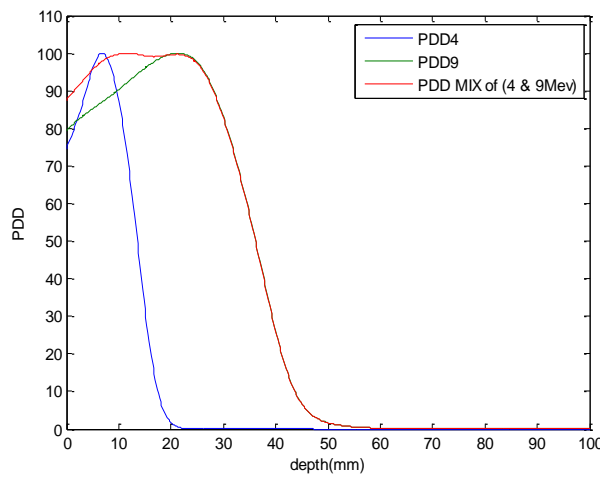
در بخش رادیوتراپی بیمارستان گلستان اهواز با استفاده از دستگاه شتاب‌دهنده خطی واریان مدل 2100CD و اتاقک یونش استوانه‌ای CC13 و الکترومتر (DOSE I, Scanditronix-Wellhofer) و با کمک فانتوم دزیمتری مدل Blue Phantom برای الکترون‌های با انرژی ۴، ۶، ۹ و ۱۲Mev و برای میدان  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  و در عمق‌های ۱ تا ۱۰۰ میلی‌متر، دزیمتری نسبی انجام شد و درصد یونیزاسیون عمقی (PDI) (Percentage Depth Ionization) قرائت شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار دزیمتری OmniPro Accept Version 6.4 طبق پروتکل TRS۳۹۸، PDI به درصد دز عمقی (PDD) (Percentage Depth Dose) تبدیل شد. از آنجایی که هر انرژی دارای عمق رفرنس ( $Z_{ref}$ ) مختص به خود می‌باشد، برای بررسی اثر تجمعی ترکیب چند انرژی در عمق‌های مختلف، نمی‌توان مستقیماً PDD های به دست آمده از دزیمتری نسبی را به نسبت‌های مختلف با یکدیگر ترکیب کرد. در نتیجه، طبق پروتکل TRS۳۹۸ با استفاده از یک مانیتور یونیت (MU) معین در عمق رفرنس برای هر انرژی ( $Z_{ref}$ )، منحنی PDD به منحنی دز (DC) (Dose Curve) در عمق‌های مختلف تبدیل شد. سپس داده‌ها با نرم‌افزار Matlab پردازش شد و تابع ۴ گوسین که بهترین برازش (fit) را با داده‌های دز عمقی (DC) داشت، انتخاب شد. رابطه (۱) این تابع ۴ گوسی را نشان می‌دهد که در آن عمق (z) متغیر مستقل و دز عمقی (DC) متغیر وابسته می‌باشد. ضرایب a, b, c برای هر انرژی به طور جداگانه، اعداد ثابت هستند.

$$DC = a_1 e^{-\left(\frac{z-b_1}{c_1}\right)^2} + a_2 e^{-\left(\frac{z-b_2}{c_2}\right)^2} + a_3 e^{-\left(\frac{z-b_3}{c_3}\right)^2} + a_4 e^{-\left(\frac{z-b_4}{c_4}\right)^2} \quad (1)$$

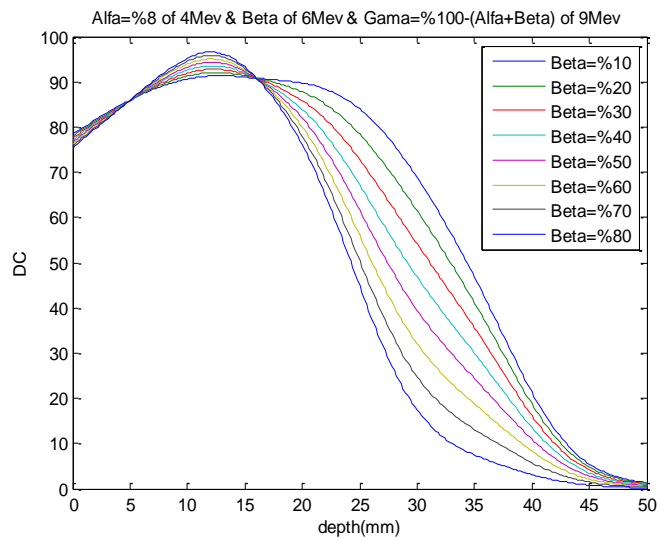
سپس منحنی دزها با نسبت‌های مختلف، با هم ترکیب شد و در نهایت یک منحنی دز جدید به دست آمد. با استفاده از نرم‌افزار Matlab، نسبت‌های ترکیبی انرژی‌های مختلف ( $\alpha, \beta, \dots$ ) آن قدر تغییر داده شد تا منحنی که بیشترین دز سطح و همچنین بیشترین یکنواختی را در درصد دز عمقی از



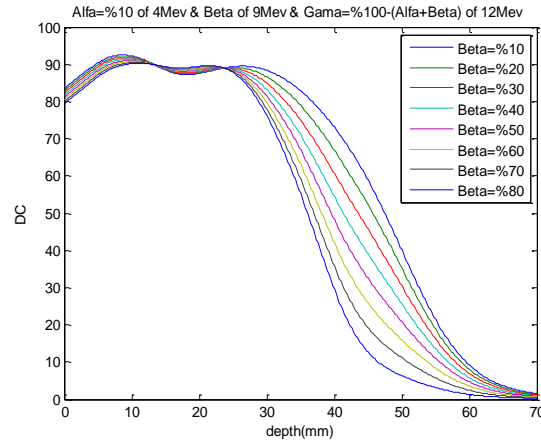
شکل ۱: منحنی دز برای ترکیب انرژی‌های ۴ و ۹ Mev با درصد وزنی مختلف (Alfa) درصد وزنی انرژی ۴ Mev است و ۱۰۰ درصد = (Alfa+Beta)



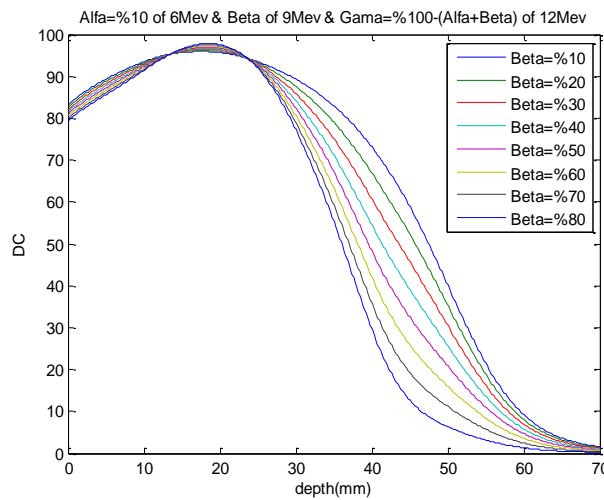
شکل ۲: درصد دز عمقی برای انرژی‌های ۴ و ۹ Mev به همراه درصد دز عمقی ترکیبی آنها (۱۰ درصد از انرژی ۴ Mev و ۹۰ درصد از انرژی ۹ Mev)



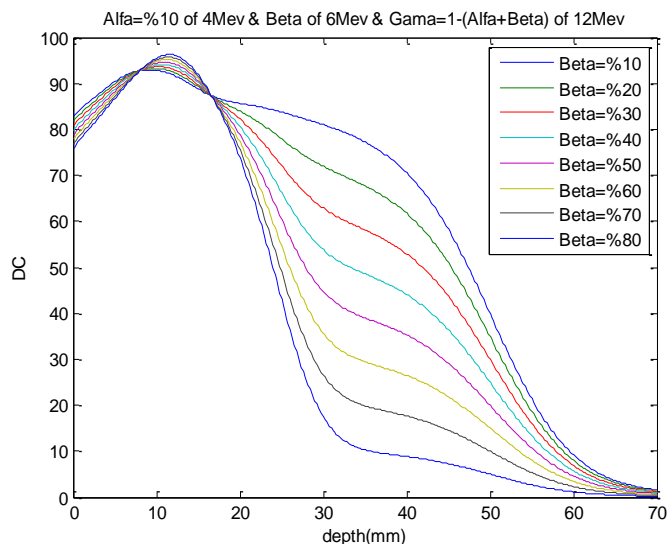
شکل ۳: منحنی دز برای ترکیب انرژی‌های ۴ و ۶ و ۹ Mev با درصد وزنی مختلف (Alfa=۸) درصد وزنی انرژی ۴ Mev، Beta درصد وزنی انرژی ۶ Mev و  $Gama = 100 - (Alfa + Beta)$  درصد وزنی انرژی ۹ Mev است.



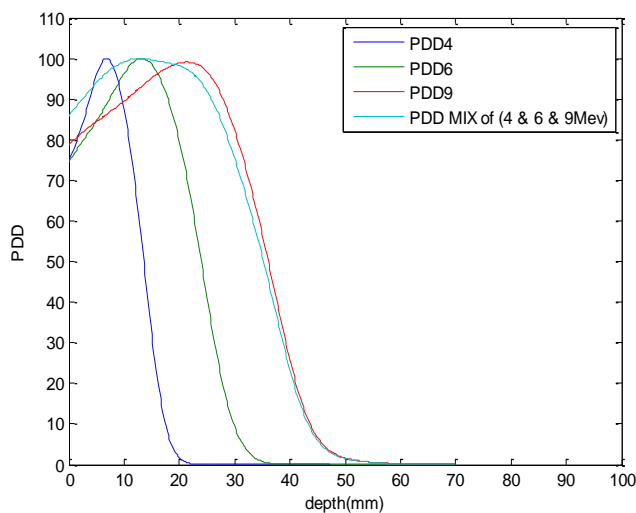
شکل ۴: منحنی دز برای ترکیب انرژی‌های ۴ و ۹ و ۱۲ Mev با درصد وزنی مختلف (Alfa=۱۰ درصد و Beta=۴ Mev، درصد وزنی انرژی‌های ۹ و ۱۲ Mev و Gama=%100 - (Alfa + Beta) درصد وزنی انرژی ۱۲ Mev است).



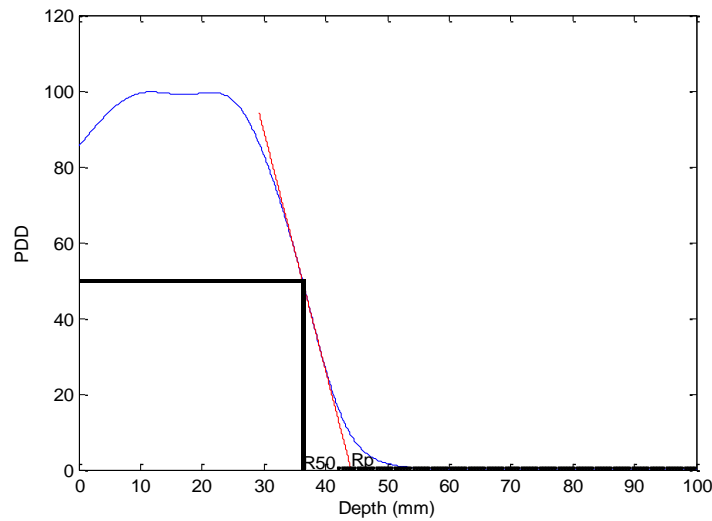
شکل ۵: منحنی دز برای ترکیب انرژی‌های ۶ و ۹ و ۱۲ Mev با درصد وزنی مختلف (Alfa=۱۰ درصد و Beta=۶ Mev، درصد وزنی انرژی‌های ۹ و ۱۲ Mev و Gama=%100 - (Alfa + Beta) درصد وزنی انرژی ۱۲ Mev است).



شکل ۶: منحنی دز برای ترکیب انرژی‌های ۴ و ۶ و ۱۲Mev با درصد وزنی مختلف (۱۰ درصد Alfa در صد وزنی انرژی ۴Mev، Beta در صد وزنی انرژی ۶Mev و  $Gama = 100 - (Alfa + Beta)$  درصد وزنی انرژی ۱۲Mev است).



شکل ۷: منحنی درصد دز عمقی انرژی‌های ۴، ۶ و ۹ Mev به‌همراه منحنی درصد دز عمقی ترکیبی آنها (۸ درصد از انرژی ۴Mev و ۱۰ درصد از انرژی ۶Mev و ۸۲ درصد از انرژی ۹Mev)



شکل ۸: منحنی درصد دز عمقی ترکیب دو انرژی ۴ و ۹ MeV و تعیین Rp و R50

## بحث

۹ MeV نیز نسبت به تک تک انرژی‌ها، افزایش دارد که البته ترکیب دو انرژی ۴ و ۹ MeV در مقایسه با ترکیب سه انرژی ۴، ۶ و ۹ MeV، افزایش بیشتری را در درصد دز سطحی نشان می‌دهد. افزایش دز سطح تا حدود ۹۰ درصد دز ماکزیمم با به‌کارگیری ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی‌ها و سهم‌های متفاوت، ضمن افزایش بهره درمانی سطحی، نیاز به بلوس جهت شیف‌ت ایزودز به سطح را در درمان تومورهای سطحی مرتفع می‌کند. این در حالی است که در درمان تومورهای سطحی با فیله‌های تک انرژی با انرژی پایین، نیاز به بلوس جهت شیف‌ت دز ماکزیمم به سطح احساس می‌شود.

فیله‌های تک انرژی الکترون با انرژی بالا مانند ۱۲، ۱۵ و ۱۸ MeV نیز دز سطح بالایی دارند، ولی گستردگی محدوده عمق با دز بالا در این انرژی‌ها، بیش از عمق بافت هدف مورد مطالعه (از سطح تا حدود عمق ۳ cm) است. عدم مزیت این گستردگی محدوده با دز بالا، به‌طور خاص در مواردی که بعد از عمق بافت هدف مورد مطالعه (از سطح تا عمق ۳ cm)، یک بافت بسیار حساس به اشعه وجود داشته باشد، بیشتر احساس می‌شود. فیله‌های تک انرژی با انرژی پایین ۴، ۶ و ۹ MeV نیز نه تنها دز سطح پایینی دارند، بلکه گرادپان ناحیه انباشت دز (Build-Up)، در آن‌ها زیاد است. بنابراین از

تابع گوسی منطبق‌شده بر داده‌های دزیمتری برای انرژی‌های مختلف دارای ضریب همبستگی  $r^2=1$  است. این منحنی مطابقت خوبی با منحنی‌های اندازه‌گیری دارد. برای نمونه، در انرژی ۹ MeV و میدان  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  منحنی اندازه‌گیری و تحلیلی در شکل ۹ رسم شده است که ضریب همبستگی آن  $r^2=1$  می‌باشد.

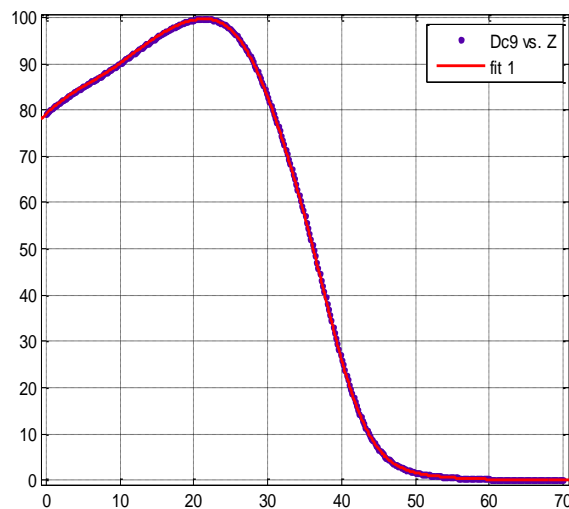
مقادیر عمقی که دز به ۵۰ درصد دز نقطه ماکزیمم می‌رسد (R50)، برد عملی (Rp)، انرژی میانگین (E0) و محتمل‌ترین انرژی روی سطح (Ep0) برای انرژی‌های ۴، ۶، ۹ و ۱۲ MeV و ترکیب دو انرژی ۴ و ۹ MeV و همچنین ترکیب سه انرژی ۴، ۶ و ۹ MeV در جدول ۱ نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۲ و جدول ۱، نتایج نشان می‌دهد که با به‌کارگیری ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی‌ها و سهم‌های متفاوت، درصد دز سطح در بهترین ترکیب دو انرژی ۴ و ۹ MeV به حدود ۹۰ درصد دز ماکزیمم می‌رسد؛ در حالی که درصد دز سطح در منحنی PDD برای تک‌تک انرژی‌های ۴ و ۹ MeV کمتر از ۸۰ درصد دز ماکزیمم است. همچنین با توجه به شکل ۷ و نتایج به‌دست آمده از جدول ۱ مشخص می‌شود که درصد دز سطح در بهترین ترکیب سه انرژی ۴، ۶ و ۹

بیشتر منحنی PDD در کل بافت هدف مورد مطالعه شده است. با مقایسه شکل ۲ و ۶، مشخص می‌شود که منحنی PDD در ترکیب دو انرژی ۴ و ۹ MeV یکنواختی بیشتری را در مقایسه با ترکیب سه انرژی ۴، ۶ و ۹ MeV نشان می‌دهد. در PDD ترکیب انرژی‌ها (PDD MIX) افت سریع دز بعد از یک ناحیه یکنواخت مشاهده می‌شود که باعث کاهش حداکثری دز در بافت‌های سالم بعد از ناحیه تومورال خواهد شد.

یکنواختی لازم جهت بالا بردن بهره درمانی در بافت هدف، برخوردار نیستند.

در حالی که در منحنی PDD نهایی به دست آمده از ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی‌ها و سهم‌های متفاوت، درصد دز عمقی در ناحیه انباشت دز، به ۹۰ درصد تا ۹۵ درصد دز ماکزیمم افزایش یافته است و به این علت، ناحیه انباشت دز در بهترین ترکیب‌های مذکور، نسبت به تک‌تک انرژی‌ها، دارای گرادیان کمتری است که منجر به یکنواختی



شکل ۹: منحنی دز عمقی برحسب عمق برای انرژی ۹ MeV در میدان  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  (رنگ قرمز، منحنی حاصل از تابع ۴ گوسین پیشنهادی و رنگ آبی منحنی اندازه‌گیری را نشان می‌دهد).

جدول ۱: مقادیر  $R_{50}$ ،  $R_p$ ،  $E_0$  و  $E_{p0}$  برای PDD انرژی‌های ۴، ۶، ۹ و ۱۲ MeV و PDD بهترین ترکیب دو انرژی ۴ و ۹ MeV و PDD بهترین ترکیب سه انرژی ۴، ۶ و ۹ MeV (PDD MIX) نشان‌دهنده ترکیب انرژی‌ها است.

	PDD <sub>(4Mev)</sub>	PDD <sub>(6Mev)</sub>	PDD <sub>(9Mev)</sub>	PDD <sub>(12Mev)</sub>	PDD MIX 4,9Mev	PDD MIX 4,6,9Mev
$R_{50}$ (cm)	۱,۳۵۵	۲,۳۱	۳,۵۳	۴,۹۹	۳,۶۲	۳,۲۳
$R_p$ (cm)	۱,۷۵	۲,۹۷	۴,۴	۶,۰۰۵	۴,۴۱	۴,۰۰۶
$E_0$ (Mev)	۳,۱۵	۵,۳۹	۸,۲۳	۱۱,۶۴	۸,۴۴	۷,۵۰۹
$E_{p0}$ (Mev)	۳,۶۹	۶,۱۴	۸,۹۸	۱۲,۲	۸,۹۸	۸,۳۳
Surface PDD	۷۴,۵۳	۷۰,۳۷	۷۹,۳۸	۸۴,۵۶	۸۷,۸	۸۵,۲۴



## نتیجه گیری

می‌توان به‌طور اسمی از ترکیب انرژی‌های مختلف، انرژی دلخواه الکترون را تولید کرد و بهره‌درمان با استفاده از باریکه الکترونی را افزایش داد.

ترکیب پرتوهای الکترونی با انرژی کم سبب بهینه‌سازی توزیع دز در منحنی PDD می‌شود. در ضمن با این روش

## قدردانی

مقاله حاضر از پایان‌نامه دانشجوی کارشناسی ارشد، حمیده نادری، استخراج شده است.

## منابع

- 1-Khan, FM. The physics of radiation therapy. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
- 2-Hogstrom, KR, Almond PR. Review of electron beam therapy physics. Phys Med Biol 2006Jun; 51(13): R455.
- 3-Günhan, B, Kemikler G, Koca A. Determination of surface dose and the effect of bolus to surface dose in electron beams. Med Dosim 2003 Fall; 28(3): 193-8.
- 4- Low DA, Starkschall G, Sherman NE, Bujnowski SW, Ewton JR, Hogstrom KR. Computer-aided design and fabrication of an electron bolus for treatment of the paraspinal muscles. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1995 Dec; 33(5): 1127-38.
- 5-Hsu SH, Roberson PL, Chen Y, Marsh RB, Pierce LJ, Moran JM. Assessment of skin dose for breast chest wall radiotherapy as a function of bolus material. Phys Med Bio 2008; 53(10): 2593-606.
- 6-Kudchadker RJ. Electron conformal radiotherapy using bolus and intensity modulation. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2002 Jul; 53(4): 1023-37.
- 7-Åsell M, Hyödynmaa S, Söderström S, Brahme A. Optimal electron and combined electron and photon therapy in the phase space of complication-free cure. Phys Med Biol 1999Jan; 44(1): 235-52.

## Optimization of Percentage Depth Dose by Combination of Electron Beams with Different Energies and Different Contribution

Mohammad Javad Tahmasebi Birgani<sup>1</sup>, Hamideh Naderi<sup>2\*</sup>, Mansour Zabihzaheh<sup>3</sup>, Nahid Chegeni<sup>3</sup>, Hojjattollah Shahbazian<sup>4</sup>, Reza Maskani<sup>5</sup>, Rahele Tabari Juybari<sup>6</sup>

1-Associated Professor of Medical Physics.

2-M.SC. Student in Medical Physics.

3-Assistant Professor of Medical Physics.

4-Assistant Professor of Radiotherapy and Oncology.

5-PHD. Student in Medical Physics.

6-Lecturer of Radiology.

1,2,3,5-Deptment of Medical Physics, School of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

4-Deptment of Radiotherapy and Oncology, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

6-Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran.

\*Corresponding author: Hamide Naderi; Deptment of Medical Physics, School of Medicine, Student Research Committee Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.  
Tel: +989127492301  
Email: h.naderi.medph@gmail.com

### Abstract

**Background and Objective:** Recently, electron beams are widely used for superficial and skin lesions treatment. Since the accelerator devices, create electron beams with finite energies, the treatment area is limited to a specified depth. The objective of this study was to assess the effect of combination of electron beams with different energies and different contribution in order to produce PDD curve with a more uniform central dose distribution for the shallow superficial lesions treatment (up to cm 3). The results were compared with using a single electron beam energy.

**Subjects and Methods:** at First, percentage depth dose (PDD) was measured by using a Varian accelerator devices for energies 4, 6, 9, 12 Mev of electron beams and field size  $20 \times 20 \text{ cm}^2$ . Then, PDD curve was converted to dose curve. 4 Gaussian function was fit to dose curve using MATLAB software and the best combination was selected by combining different proportions of each of this functions.

**Results:** percentage of the build up dose increased to about %90-%95 maximum dose and also percentage of the surface dose increases to about %90 maximum dose by combination of electron beams with different energies and different contribution.

electron beams Combination cause optimization of the dose distribution can produce electron beam with arbitrary energy by this method.

**Keywords:** Electronbeams, 4 Gaussian function, Percentage depth dose curve.

► Please cite this paper as:

Javad Tahmasebi Birgani M, Naderi H, Zabihzaheh M, Chegeni N, Shahbazian H, Maskani R, Tabari Juybari R. Optimization of Percentage Depth dose by Combination of Electron Beams with Different Energies and Different Contribution. *Jundishapur Sci Med J* 2015;14(5):571-580.

Received: Nov 25, 2014

Revised: Apr 12, 2015

Accepted: Apr 20, 2015