

تعیین رابطه فاکتور وج با عمق و ابعاد میدان درمانی برای فوتون‌های 6MV و 18MV شتاب‌دهنده زیمسنس پریموس پلاس به روش تحلیلی

محمد جواد طهماسبی بیرگانی¹، محمد علی بهروز²، منصور ذبیح‌زاده³،
سودابه رجاء اسکندری^{4*}، داود خضولو⁵

چکیده

زمینه و هدف: شیلد با ضخامت متغیر (وج فیزیکی) در پرتودرمانی برای از بین بردن نقاط داغ و ایجاد توزیع یکنواخت دوز اشعه کاربرد دارد. در این راستا تعیین فاکتور ناشی از اعمال وج برای محاسبه میزان تضعیف دوز اشعه اهمیت زیادی دارد. هدف از این مطالعه به‌کارگیری یک روش نیمه‌تجربی برای تعیین فاکتور وج و تبدیل آن به یک نرم‌افزار کامپیوتری جهت ارتقای نرم‌افزار طراحی درمان در بخش‌های پرتودرمانی است.

روش بررسی: دوزیمتری نسبی سیستم شتاب‌دهنده پریموس پلاس بخش پرتو درمانی بیمارستان گلستان اهواز برای میدان‌های وج‌دار و بدون وج در عمق مرجع 10cm، توسط اتاقک‌های یونیزان (6187 و 6186 - SN/13 CC) کالیبره‌شده در مرکز SSDL سازمان انرژی اتمی ایران انجام شد و فاکتور وج برای میدان‌های وج‌دار مربعی با زوایای 15، 30، 45 و 60 محاسبه گردید. در نهایت یک رابطه تحلیلی برای فاکتور وج تعریف شد که به‌وسیله آن ضریب تضعیف اشعه توسط وج تعیین می‌گردد. با این نتایج فاکتور وج در تمام اعماق فانتوم، برای هر میدان درمانی و برای فوتون‌های با انرژی 6 MV و 18 MV محاسبه و سپس توسط نرم‌افزارهای TBL Curve ver5 و MATLAB به یک نرم‌افزار کامپیوتری تبدیل گردید.

یافته‌ها: توسط نرم‌افزار TBL curve ver5 یک رابطه تحلیلی برای اعماق مختلف میدان‌های وج‌دار در انرژی‌های 6MV و 18 MV با دقت (0/995) $I^2 >$ به‌دست آمد که می‌تواند فاکتور وج را با دقت کمتر از 5 درصد نسبت به اندازه‌گیری تجربی تعیین کند.

نتیجه‌گیری: بر اساس این مطالعه، امکان دقیق اندازه‌گیری فاکتور وج برای هر عمق، انرژی، وج و اندازه میدان ممکن می‌گردد، امکانی که در اندازه‌گیری مستقیم این فاکتور وجود ندارد.

کلید واژگان: شتاب‌دهنده خطی، فاکتور وج، وج فیزیکی، رادیوتراپی، سیستم طراحی درمان.

- 1- دانشیار گروه فیزیک پزشکی.
- 2- استاد گروه فیزیک پزشکی.
- 3- استادیار گروه فیزیک پزشکی.
- 4- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک پزشکی.
- 5- کارشناس ارشد فیزیک پزشکی.

1 و 2 و 3 و 4 - گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی- شاپور اهواز، ایران.
5- کارشناس ارشد فیزیک پزشکی بخش رادیوتراپی و آنکولوژی بیمارستان گلستان اهواز، ایران.

* نویسنده مسؤل:

سودابه رجاء اسکندری؛ گروه فیزیک- پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، ایران.
تلفن: 00989166142443

Email: sudabehrejaeskandari@yahoo.com

مقدمه

پالتا (Palta) و همکارانش (۲) وابستگی فاکتور وج را با اندازه میدان درمانی مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که این فاکتور تابعی از اندازه میدان است. تجزیه و تحلیل این داده‌ها نشان داد که علت این تغییر به واسطه تأثیر وج در میزان پرتوهای پراکنده حاصل از سر دستگاه درمانی است. آنها نتیجه گرفتند که فاکتور وج اندازه‌گیری شده در میدان $10 \times 10 \text{ cm}^2$ برای انرژی‌های 4 MV یا 6 MV ، با زاویه وج 60° درجه، خطایی تا حدود $3/5$ درصد را نسبت به فاکتور وج میدان $16 \times 16 \text{ cm}^2$ با همان شرایط و خطایی تا حدود 7 درصد را نسبت به فاکتور وج میدان $20 \times 20 \text{ cm}^2$ با همان شرایط نشان می‌دهد، ولی برای وج‌های نازکتر تفاوت‌ها کمتر است.

نیرومند راد (Niroomand-Rad) و همکارانش (۳) وابستگی فاکتور وج را با عمق و اندازه میدان برای پرتوهایی با انرژی‌های مختلف به کمک تنظیمات کولیماتور توسط فک‌ها بررسی کردند. وابستگی فاکتور وج با عمق و اندازه میدان در فانتوم معادل بدن برای کبالت 60° در 80 cm SSD= و در عمق 5 cm چهار شتاب‌دهنده خطی با انرژی‌های $10, 6, 4$ و 18 MV در 100 cm SSD= و در عمق 10 cm و وج‌هایی از جنس سرب، برنج و استیل با زوایای اسمی 15° تا 60° درجه تعیین نمودند. آنها نشان دادند فاکتور وج تابع میدان، عمق، انرژی و زاویه وج است.

هوکلوم (Heukelom) و همکارانش (۴) وابستگی فاکتور وج با عمق و اندازه میدان را برای پرتو گامای کبالت 60° و پرتوهای اشعه ایکس در محدوده انرژی‌های 4 MV تا 25 MV مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان داد که افزایش فاکتور وج با اندازه میدان برای پرتو ایکس با انرژی 25 MV تا $9/1$ درصد بود و برای محدوده انرژی 4 MV تا 16 MV فاکتور وج با عمق به‌طور خطی افزایش و تقریباً مستقل از اندازه میدان بود و برای اشعه گامای کبالت 60° و اشعه ایکس با انرژی 25 MV تنوع فاکتور وج

فیلترهای وج در رادیوتراپی به منظور توزیع یکنواخت دوز اشعه در سرتاسر حجم تومور بدن بیمار و جلوگیری از ایجاد نقاط با دوز بالا در بافت سالم استفاده می‌شوند. جنس فیلتر وج معمولاً از مواد چگال نظیر: مس، سرب، برنج و استیل بوده و به شکل گوه ساخته می‌شود. شدت توزیع دوز در طول قسمت‌های ضخیم‌تر کاهش بیشتری داشته و لذا منحنی‌های هم‌دوز را مورب می‌کند. اثر وج بر توزیع دوز باریکه اشعه به وسیله زاویه منحنی هم‌دوز وج و کاهش خروجی سیستم مولد پرتو مشخص می‌شود. میزان کاهش خروجی سیستم درمانی به وسیله فاکتور وج مشخص شده و به صورت نسبت دوز جذبی در یک عمق معین در راستای محور مرکزی میدان بدون وج به همان میدان با وج و در همان عمق محاسبه می‌گردد. میدان‌های وج‌دار در درمان‌های بالینی با ابعاد میدان گوناگون و در عمق‌های مختلف استفاده می‌شوند. اطلاعات تجربی و نظری زیادی در مورد وابستگی فاکتور وج به اندازه میدان و عمق وجود دارد.

مک کولو (McCullough) و همکارانش (۱) وابستگی فاکتور وج با عمق را برای پرتوهایی با محدوده انرژی 4 MV تا 10 MV مورد مطالعه قرار داده و آن را برای وج‌هایی از جنس برنج با زوایای اسمی 15° تا 60° درجه تا عمق 25 cm در فانتوم برای سه شتاب‌دهنده خطی با انرژی‌های $6, 4$ و 10 MV تعیین کردند. آنها نتیجه گرفتند که برای شتاب‌دهنده‌های خطی مورد مطالعه، تفاوت فاکتور وج در اعماق کمتر از 10 cm نسبت به فاکتور وج در عمق d_{max} کمتر از 2 درصد (برای زوایای اسمی و انرژی‌های مختلف) و برای حداکثر عمق مورد مطالعه که 25 cm است فاکتور عبور وج نسبی (نسبت فاکتور وج در هر عمق به فاکتور وج در عمق d_{max}) در تمام انرژی‌های مورد مطالعه برای وج‌های 15° و 30° کمتر از $1/0.2$ خواهد بود.

فاکتور وج با عمق و اندازه میدان ممکن است که منجر به دوز کمتر یا بیشتر به بیمار گردد.

حاجی‌زاده صفار و همکارانش (۷) تغییرات فاکتور وج با عمق، اندازه میدان و SSD برای شتاب‌دهنده نیتون PC ۱۰ بیمارستان امام رضا (ع) مشهد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان داد که میزان تغییرات فاکتور وج با اندازه میدان و عمق خطی و به ترتیب کمتر از ۲/۲ درصد در هر ۱۰ cm و کمتر از ۱/۳ درصد در هر ۱۰ cm می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که تغییرات فاکتورهای وج گزارش شده با اندازه میدان، بسیار متفاوت هستند و به طور مشابه تغییرات زیادی از وابستگی وج با عمق در مقالات از ۲ درصد تا ۱۰ درصد (تا عمق ۲۰cm) گزارش کرده‌اند و همچنین هیچ‌گونه اندازه میدان و عمق مرجعی برای اندازه‌گیری فاکتور وج ارائه نشده است، لذا به طور معمول برای پرتوهای مگاولتاژ عمق ۱۰cm و میدان $10 \times 10 \text{ cm}^2$ به عنوان مرجع اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود. ولی بررسی تغییرات فاکتور وج برای عمق‌ها و میدان‌های مختلف امری است که باعث افزایش دقت درمان‌های متعارف شده و در نظر نگرفتن تغییرات فاکتور وج با عمق و اندازه میدان بخصوص در میدان‌های درمانی عمیق (مانند طرفی لگن) باعث بروز خطایی بزرگتر از ۵ درصد در دوز تجویز شده به بیمار می‌شود. ارائه بهبود و توسعه روشی که بتواند در محاسبه فاکتور وج در تمامی شرایط درمانی به لحاظ عمق و اندازه میدان به کار رود، حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق با ارائه یک فرمول تحلیلی مبتنی بر دوزیمتری و اندازه‌گیری‌های پارامترهای درمانی مانند PDD می‌توان برای تمام میدان‌های درمانی در هر عمقی و با به‌کارگیری هر جی در هر انرژی یک برنامه محاسباتی مدون برای تعیین فاکتور وج طراحی نموده و در بخش درمانی در کنار سیستم طراحی درمان (TPS) برای هر میدان درمانی فاکتور وج مخصوص آن را در محاسبات اعمال کرد.

به صورت تابع پیچیده‌تری از عمق فانتوم برای یک اندازه میدان خاص بود.

پپسکیو (Popescu) و همکارانش (۵) وابستگی فاکتور وج با عمق، اندازه میدان و SSD را مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی، وابستگی فاکتورهای وج با عمق و اندازه میدان در انرژی‌های ۱۸،۶،۴ و ۲۴ MV مورد مطالعه قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی وابستگی خطی فاکتور وج را با عمق و اندازه میدان نشان داد. این مطالعه نشان داد که تغییرات فاکتور وج با توجه به اندازه‌گیری‌های SSD اسمی و SAD ناچیز و در حدود ۱/۰ درصد است. برای کاربردهای بالینی برای محاسبه فاکتور وج وابسته به اندازه میدان و عمق یک الگوریتم ارائه شد که با موفقیت در سیستم طراحی درمان ۱/۲ PRISM آن مرکز اجرا و جایگزین جداول Look up وج برای محاسبات دوز و Monitor Unit (MU) شد.

مصباح (Misbah) و همکارانش (۶) مطالعه‌ای بر روی فاکتورهای وج و پروفایل‌های پرتو برای وج‌های فیزیکی و EDW (Enhanced Dynamic Wedge) انجام دادند. در این مطالعه، اندازه‌گیری‌های فاکتور وج در فانتوم آب با استفاده از چمبر یونیزاسیون استوانه‌ای ۰/۶cc انجام شد. وابستگی خطی بین فاکتور وج فیزیکی با عمق مشاهده شد به طوری که، حداکثر تغییرات برای وج فیزیکی ۶۰ درجه با عمق برای انرژی‌های ۶ MV و ۱۵MV، به ترتیب ۸/۹ و ۴/۱ درصد و تغییرات فاکتور EDW با عمق تقریباً قابل چشم‌پوشی و کمتر از ۲ درصد، و تغییرات فاکتور وج فیزیکی با اندازه میدان برای وج ضخیمتر ۶۰ درجه، در انرژی‌های ۶ MV و ۱۵ MV به ترتیب ۴/۱ و ۳/۴ درصد بود، و آن هم با کاهش زاویه وج کاهش یافت. فاکتور EDW نسبت به اندازه میدان نیز وابستگی نشان داده و تغییرات قابل توجهی برای همه وج‌ها در دو انرژی مشاهده گردید. این مطالعه نشان داد که نادیده گرفتن وابستگی

روش بررسی

TBL Curve برای انرژی‌های فوتون 6MV و 18 MV

معادله مربوط به $\bar{\mu}$ به دست می‌آید.

روش آماری: نرم افزار TBL Curve ver5 بر اساس آزمون آماری به شرح زیر بنا شده است که در آن (۴)

$$r^2 = 1 - \frac{SSE}{SSM}$$

که SSM میانگین مجموع مربعات، SSE مجموع مربع خطاها می‌باشد. اگر n تعداد کل داده‌ها و m شماره ضرایب در مدل باشد، DOF (تعیین ضرایب درجه آزادی) به صورت زیر است:

(۵)

$$DOF \cdot r^2 = \frac{(1 - SSE \times (n-1))}{SSM \times (DOF - 1)}$$

خطای استاندارد (ریشه MSE) و F - statistic هم

به صورت زیر تعریف می‌شوند:

(۶)

$$StdErr = \sqrt{\frac{SSE}{DOF}}$$

(۷)

$$F - stat = \frac{\frac{SSM - SSE}{m-1}}{\frac{SSE}{DOF}}$$

وقتی تطبیق (fit) خیلی ایده‌آل می‌شود که مقادیر R^2 به سمت ۱/۰ نزدیک و خطای استاندارد به سمت صفر کاهش یابند، و F - statistic به سمت بی‌نهایت میل کند. به این ترتیب میزان R^2 هنگام تطبیق به‌طور اتوماتیک توسط نرم‌افزار TBL Curve ver 5 تعیین می‌شود.

دوزیمتری: به منظور اندازه‌گیری فاکتور وج دوزیمتری مطلق، با الکترومتر Dose 1، چمبرفارمر cc ۰/۶ (FC65-P / SN-846) کالیبره‌شده در مرکز SSDL سازمان انرژی اتمی ایران، با کمک فانتوم SCANDITRONIX (۵۰×۵۰×۵۰cm)، ساخت شرکت IBA Wellhofer که دارای یک رباط با سه بازوی طولی،

تئوری: هدف اصلی در این تحقیق تعیین فاکتور وج‌های درمانی مورد استفاده در شتاب‌دهنده Siemens primus plus بیمارستان گلستان در انرژی‌ها، میدان‌های درمانی، زوایای وج و اعماق مختلف فانتوم آب می‌باشد. با توجه به تعریف فاکتور وج (Wedge Factor) WF (که عبارت است از: قرائت دوزیمتر در عمق مورد نظر برای یک میدان معین (Q_0) به قرائت دوزیمتر در همان عمق و میدان در حضور وج مورد نظر (Q_W) خواهیم داشت:

(1)

$$WF = \frac{Q_0}{Q_W}$$

و همچنین با توجه به تعریف درصد دوز عمقی (Percentage Depth Dose) PDD یک میدان معین که عبارت است از: نسبت قرائت دوزیمتر داخل فانتوم در عمق معین به قرائت همان دوزیمتر در عمق ماگزیمم دوز (Q_M) معادله (۱) به صورت زیر در می‌آید:

(۲)

$$WF = \frac{PDD_0 \times Q_{OM}}{PDD_W \times Q_{WM}}$$

Q_{OM} و Q_{WM} قرائت‌های دوزیمتر در عمق ماگزیمم دوز میدان‌ها در حضور وج و بدون وج می‌باشد. صرف‌نظر از تغییرات کیفیت اشعه در حضور وج به‌واسطه تضعیف اشعه توسط وج، معادله (۲) بدین صورت در می‌آید:

$$WF = \frac{PDD_0 \times Q_{OM}}{PDD_W \times Q_{OM} \times e^{-RT}} = \frac{PDD_0}{PDD_W} \times e^{RT} \quad (3)$$

که در آن T ضخامت وج در امتداد محور تابش است. بنابراین با اندازه‌گیری PDD_0 ، PDD_W ، T، و WF که به ترتیب درصد دوز عمقی بدون وج، درصد دوز عمقی با وج، ضخامت وج و فاکتور وج هستند، می‌توان ضریب تضعیف مؤثر $\bar{\mu}$ وج‌ها را تعیین کرد و سپس به کمک نرم‌افزار TBL Curve ver5 نمودار تغییرات $\bar{\mu}$ وج‌ها را برحسب زاویه اسمی آنها رسم و به کمک نرم‌افزار ver5

curve ver5 با $r^2 > 0/995$ به دست آمد. در ادامه با کمک ضرایب موجود در هر معادله درجه یک به دست آمده از مرحله قبل بر حسب اندازه‌های میدان‌های درمانی انتخابی معادلات درجه سوم را برای هر وج در انرژی‌های ۶MV و ۱۸MV به کمک نرم‌افزار curve ver5 TBL به دست آوردیم. در آخر با استفاده از ضرایب موجود در معادلات درجه سوم از مرحله قبل بر حسب زوایای اسمی چهار وج معادلات درجه دوم را برای انرژی‌های ۶MV و ۱۸MV به کمک همان نرم‌افزار به دست آورده و در نهایت فرمولی برای انرژی‌های ۶MV و ۱۸MV به دست آمد که هم به عمق و هم به اندازه میدان و هم به زاویه اسمی وج‌ها وابسته است. سپس با کمک نرم‌افزار MATLAB فرمول‌های نهایی به دست آمده در قالب یک برنامه محاسباتی کامپیوتری تعریف شد.

یافته‌ها

در دو انرژی درمانی ۶MV و ۱۸MV دستگاه شتاب-دهنده بر اساس مدل ارائه شده که در مبحث دوزیمتری بیان شد به همان ترتیب اعمال و بر اساس نرم‌افزار TBL curve ver5 بهترین رابطه‌ها با $r^2 > 0/995$ به صورت معادلات (۱۰ و ۱۱) انتخاب شد که در آن \mathbf{T} ، \mathbf{d} و \mathbf{L} به ترتیب ضخامت وج (زاویه اسمی وج)، عمق میدان درمانی و اندازه میدان درمانی می‌باشند.

6MV

$$\mathbf{WF} = (\mathbf{b}_1 + \mathbf{b}_2 + \mathbf{b}_3 + \mathbf{b}_4) \times \mathbf{d} + \mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3 + \mathbf{a}_4$$

$$\mathbf{b}_1 = -0/0002701487 \times \mathbf{T}^2 + 0/0132910567 \times \mathbf{T} - 0/019587949$$

$$\mathbf{b}_2 = (6/91058811 \times 10^{-5} \times \mathbf{T}^2 - 0/0043360359 \times \mathbf{T} + 0/0062295231) \times \mathbf{L}$$

$$\mathbf{b}_3 = (-5/9761788 \times 10^{-1} \times \mathbf{T}^2 + 3/7196223 \times 10^{-5} \times \mathbf{T} - 5/4353852 \times 10^{-5}) \times \mathbf{L}^2$$

$$\mathbf{b}_4 = (1/5153421 \times 10^{-7} \times \mathbf{T}^2 - 9/618227 \times 10^{-7} \times \mathbf{T} + 1/4104813 \times 10^{-7}) \times \mathbf{L}^3$$

عرضی و قائم است، برای میدان‌های مربعی $6 \times 6 \text{ cm}^2$ ، $8 \times 8 \text{ cm}^2$ ، $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ، $15 \times 15 \text{ cm}^2$ و $20 \times 20 \text{ cm}^2$ وج‌های با زوایای اسمی ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه و برای فوتون‌های درمانی ۶MV و ۱۸MV در عمق ۱۰cm در حضور وج و بدون وج انجام شد. در این عمق، فاکتورهای وج (WF) مشخص شدند. سپس به کمک همان فانتوم و چمبر، دوزیمتری نسبی در حضور وج و بدون وج انجام و اندازه PDD در حضور وج (PDDw) و بدون آن (PDDo) توسط نرم‌افزار Omini-Accept Pro ver ۶/۴ به دست آمد. با استفاده از اندازه‌گیری‌های انجام شده فوق و معادله (۳) مقدار ضریب تضعیف مؤثر برای هر وج به دست آمد. آنگاه با کمک نرم‌افزار TBL Curve ver 5 برای چهار وج و دو انرژی ۶MV و ۱۸ MV تغییرات ضرایب تضعیف به دست آمده بر حسب ضخامت هر وج به صورت معادلات زیر به دست آمد:

(۸)

$$\bar{\mathbf{P}}_{6\text{MV}} = (0.02 \times \mathbf{T}) + 0.188$$

$$\bar{\mathbf{P}}_{18\text{MV}} = (0.022 \times \mathbf{T}) + 0.118 \quad (9)$$

با کمک معادله (۳) و با داشتن ضریب تضعیف خطی مؤثر در هر انرژی و PDDهای اندازه‌گیری شده در اعماق مختلف، فاکتور وج برای هر عمق و اندازه میدان به دست آمد. سپس به کمک فاکتورهای وج به دست آمده بر حسب عمق‌های مختلف درمانی معادلات درجه یک برای پنج میدان درمانی انتخابی و چهار وج با کمک نرم‌افزار TBL

(۱۰)

$$a_1 = 0.076025232 \times T^2 - 3.05660321 \times T + 0.6360477$$

$$a_2 = (-0.018095993 \times T^2 + 0.99867304 \times T - 1.2711162) \times L$$

$$a_3 = (0.014823921 \times T^2 - 0.0181880578 \times T + 0.04556743) \times L^2$$

$$a_4 = (-0.0003760118 \times T^2 + 0.0020303119 \times T - 0.0025988113) \times L^3$$

$$18MV \quad (11)$$

$$WF = (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \times d + a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$

$$b_1 = 0.00090275189 \times T^2 - 0.049737932 \times T + 0.0675543773$$

$$b_2 = (-0.00028441008 \times T^2 + 0.015380712 \times T - 0.002898991) \times L$$

$$b_3 = (2/7168.34 \times 10^{-6} \times T^2 - 0.00014715937 \times T + 0.00020079858) \times L^2$$

$$b_4 = (1/88469 \times 10^{-8} \times T^2 - 1/1667924 \times 10^{-7} \times T + 2/89658.01 \times 10^{-7}) \times L^3$$

$$a_1 = -0.13152439 \times T^2 + 1.0742551 \times T - 0.43164938$$

$$a_2 = (0.05760541 \times T^2 - 0.29928843 \times T + 0.42092252) \times L$$

$$a_3 = (-0.0045726597 \times T^2 + 0.23446729 \times T - 0.32771224) \times L^2$$

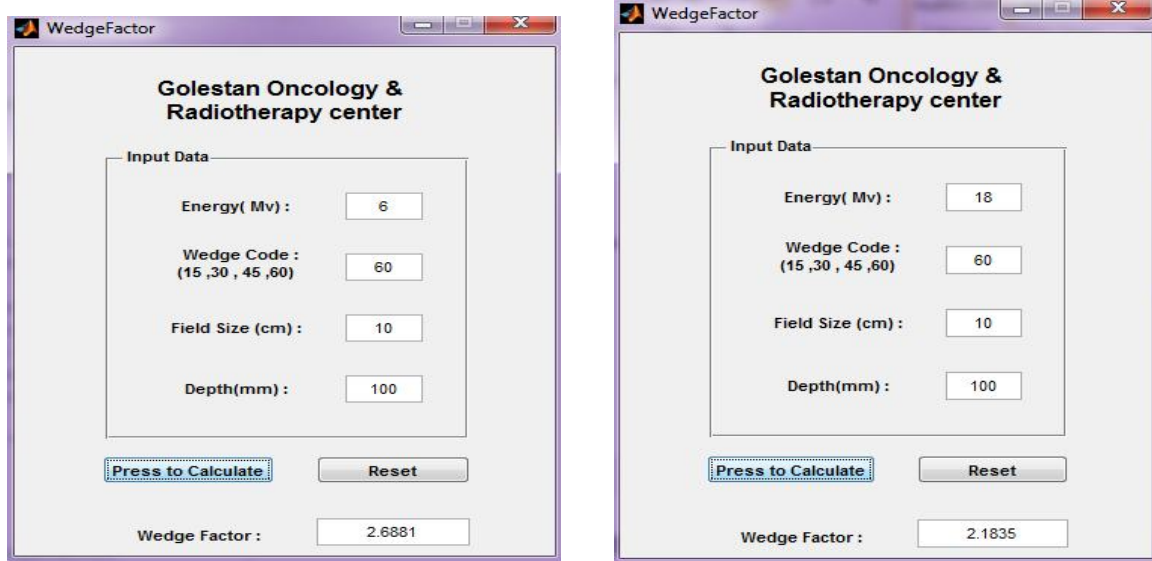
$$a_4 = (0.00011443728 \times T^2 - 0.00057617742 \times T + 0.00079420383) \times L^3$$

بنابراین با داشتن اطلاعات مربوط به میدان درمانی که شامل اندازه میدان، عمق، انرژی و زاویه اسمی وج می-باشند می توان با سرعت و دقت بالا فاکتور وج را محاسبه کرد.

به کمک نرم افزار MATLAB معادلات (10) و (11) در قالب یک نرم افزار کامپیوتری بیان شده که پنجره محاسباتی آن به صورت شکل (1) می باشد:

نمونه ای از محاسبات تحلیلی برای وج 60° در دو انرژی به-کار گرفته شده به صورت زیر خواهد بود:

شکل 1: پنجره مربوط به محاسبه نرم افزاری فاکتور وج بر اساس معادلات 10 و 11



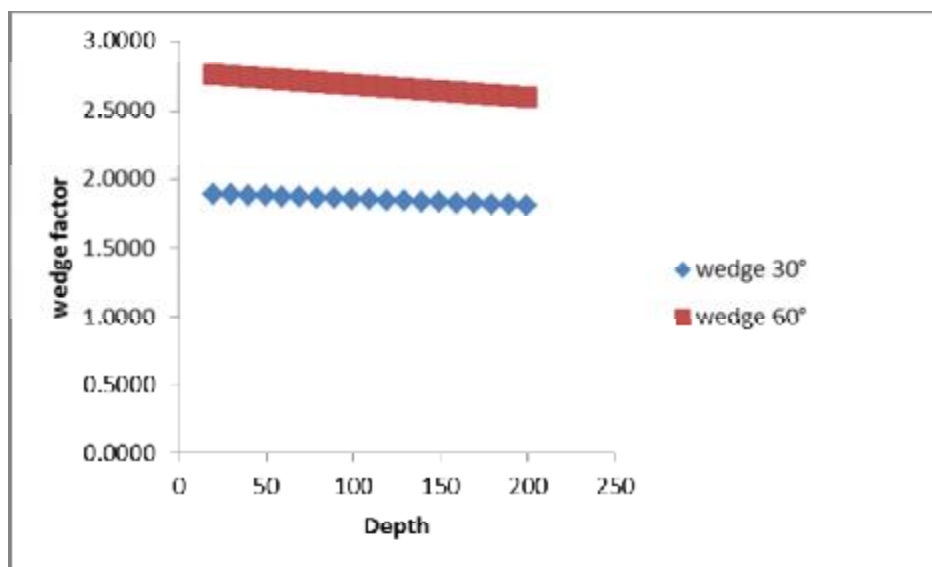
شکل 2: محاسبه فاکتور وج 60° برای میدان $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ، عمق 100 mm ، انرژی 6 MV و 18 MV توسط پنجره نرم‌افزاری در مدل ارائه شده

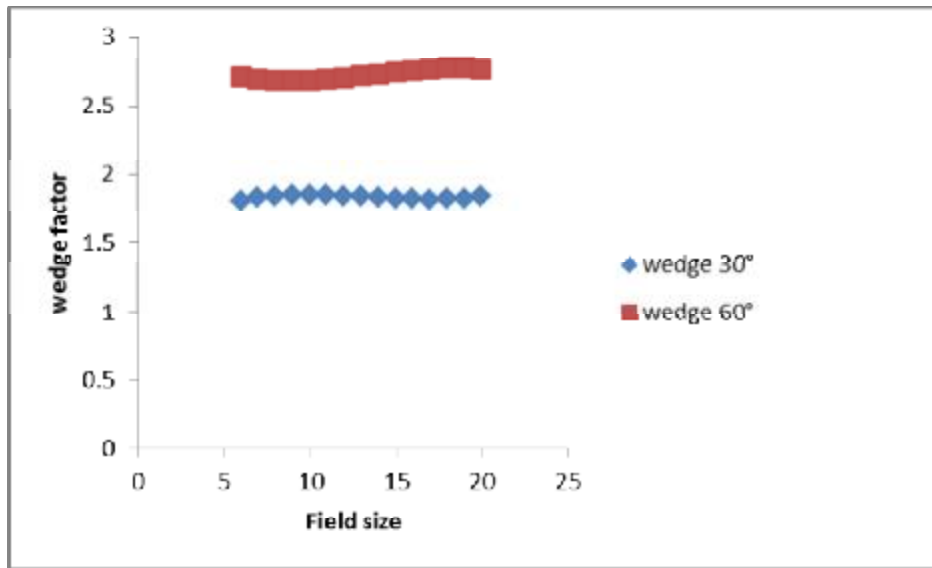
جدول 1: نتایج فاکتور وج 30° از راه تحلیلی و تجربی (دوزیمتری) در انرژی‌های 6 MV و 18 MV

عمق	انرژی	$7 \times 7 \text{ cm}^2$ میدان		$12 \times 12 \text{ cm}^2$ میدان		$20 \times 20 \text{ cm}^2$ میدان	
		فاکتور وج		فاکتور وج		فاکتور وج	
		تحلیلی	تجربی (دوزیمتری)	تحلیلی	تجربی (دوزیمتری)	تحلیلی	تجربی (دوزیمتری)
50 mm	6 MV	1/85	1/89	1/87	1/90	1/86	1/87
	18 MV	1/58	1/64	1/58	1/64	1/60	1/61
100 mm	6 MV	1/83	1/85	1/85	1/86	1/84	1/84
	18 MV	1/57	1/63	1/59	1/64	1/63	1/62
120 mm	6 MV	1/82	1/87	1/84	1/87	1/84	1/85
	18 MV	1/57	1/63	1/59	1/63	1/64	1/60
200 mm	6 MV	1/79	1/81	1/80	1/82	1/81	1/81
	18 MV	1/57	1/62	1/59	1/62	1/68	1/60

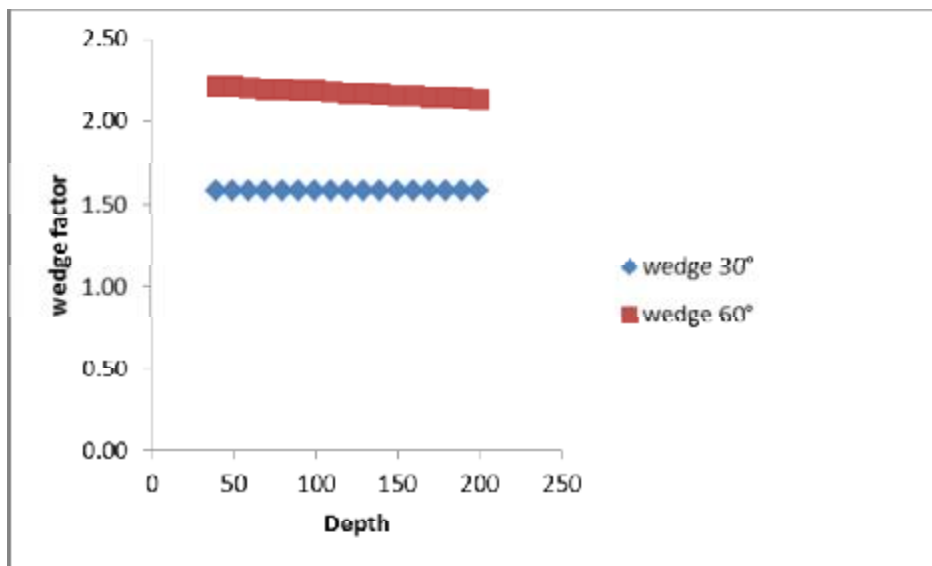
جدول 2: نتایج فاکتور وج 60° از راه تحلیلی و تجربی (دوزیمتری) در انرژی‌های 6MV و 18MV

عمق	انرژی	$7 \times 7 \text{cm}^2$ میدان		$12 \times 12 \text{cm}^2$ میدان		$20 \times 20 \text{cm}^2$ میدان	
		فاکتور وج		فاکتور وج		فاکتور وج	
		تحلیلی	تجربی (دوزیمتری)	تحلیلی	تجربی (دوزیمتری)	تحلیلی	تجربی (دوزیمتری)
50 mm	6MV	2/75	2/84	2/75	2/82	2/81	2/74
	18MV	2/19	2/26	2/19	2/25	2/16	2/19
100 mm	6MV	2/70	2/86	2/71	2/86	2/77	2/79
	18MV	2/17	2/30	2/16	2/30	2/04	2/25
120 mm	6MV	2/68	2/75	2/69	2/74	2/75	2/68
	18MV	2/17	2/25	2/15	2/24	1/99	2/19
200 mm	6MV	2/61	2/68	2/62	2/68	2/68	2/63
	18MV	2/14	2/23	2/11	2/21	1/80	2/18

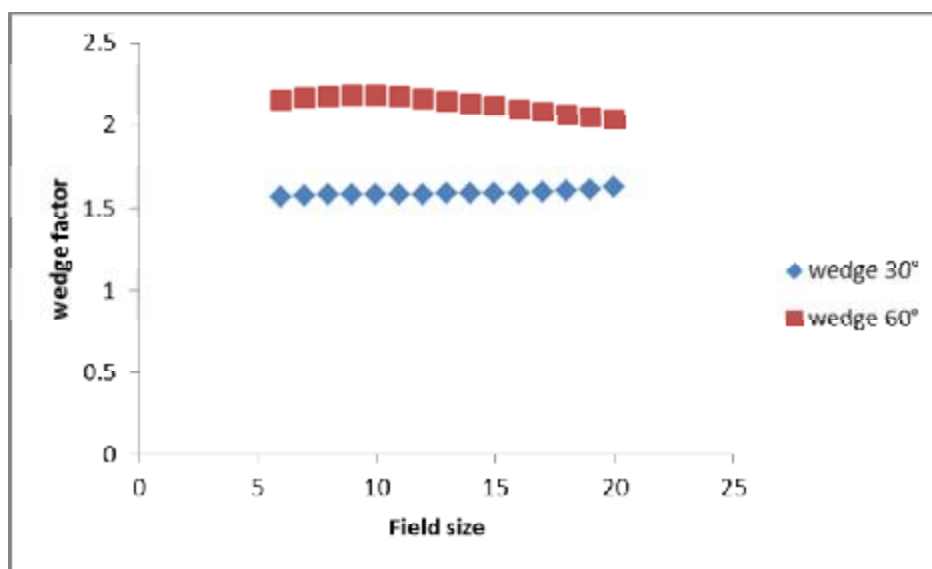
نمودار 1: وابستگی فاکتورهای وج 30° و 60° با اعماق مختلف، میدان $10 \times 10 \text{cm}^2$ و انرژی 6MV



نمودار 2: وابستگی فاکتورهای وج 30° و 60° با میدان‌های مختلف، عمق 100mm و انرژی 6 MV



نمودار 3: وابستگی فاکتورهای وج 30° و 60° با اعماق مختلف، میدان $10 \times 10\text{cm}^2$ و انرژی 18 MV



نمودار 4: وابستگی فاکتورهای وج 30° و 60° با میدان های مختلف، عمق 100mm و انرژی 18 MV

بحث

حدود ۵ درصد نسبت به d_{\max} بود، قابل مقایسه است و همچنین با نتیجه کار مصباح و همکارانش که حداکثر تغییرات فاکتور وج برای وج فیزیکی 60° درجه با عمق را در انرژی های 6 MV و 15 MV ، به ترتیب $1/9$ درصد و $4/1$ درصد و بالاترین تغییرات در فاکتور وج فیزیکی با اندازه میدان برای وج 60° درجه، در انرژی های 6 MV و 15 MV به ترتیب $4/1$ درصد و $3/4$ درصد گزارش کرده-اند، مطابقت دارد.

نتیجه گیری

با استفاده از مدل تحلیلی کامپیوتری ارائه شده می-توان با دقت مطلوب و با سرعت بالا به پارامتر درمانی مهم فاکتور وج دسترسی داشته و سیستم طراحی درمان را ارتقاء بخشید.

نتیجه این تحقیق با مقادیر دوزیمتری مطلق انجام شده در بخش رادیوتراپی برای شتاب دهنده پریموس پلاس در جداول (۱) و (۲) برای وج های 30° و 60° در انرژی های 6 MV و 18 MV مقایسه شد که نشان دهنده تطابق خوبی بین رابطه تحلیلی ارائه شده و اندازه گیری تجربی می باشد.

در نمودارهای (۴-۱) تغییرات فاکتور وج بر حسب اندازه میدان و عمق برای وج های 30° و 60° در انرژی های 6 MV و 18 MV برای میدان $10 \times 10\text{ cm}^2$ و عمق 100 mm به کمک مدل ارائه شده نشان داده شده است.

همان طوری که از این نمودارها و مدل ارائه شده پیداست، تفاوت فاکتور وج در میدان های مختلف در عمق ثابت برای کوچکترین و بزرگترین میدان وج دار ۲ درصد بود، و در اعماق مختلف یک میدان وج دار تغییرات فاکتور وج $1/5$ درصد تا عمق 4 cm و 4 درصد تا عمق 20 cm است که با نتیجه کار مک کولو و همکارانش که تفاوت فاکتور وج را در اعماق کمتر از 10 cm نسبت به فاکتور وج در عمق d_{\max} کمتر از ۲ درصد (برای زوایای اسمی و انرژی های مختلف) و برای عمق بیشتر از 10 cm تا 25 cm

قدردانی

این طرح پژوهشی و همچنین بخش رادیوتراپی و آنکولوژی بیمارستان گلستان اهواز به جهت همکاری صمیمانه در اجرای این طرح تقدیر و تشکر نمایند.

مؤلفان بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز برای تأمین هزینه

منابع

- 1-McCullough EC, Gortney J, Blackwell CR. A depth dependence determination of the wedge transmission factor for 4-10 MV photon beams. *Med Phys* 1988;15(4):621-3.
- 2-Palta JR, Daftari I, Suntharalingam N. Field size dependence of wedge factors. *Med Phys* 1988;15(4):624-6.
- 3-Niroomand-Rad A, Haleem M, Rodgers J, Obcemea C. Wedge factor dependence on depth and field size for various beam energies using symmetric and half-collimated asymmetric jaw settings. *Med Phys* 1992;19(6):1445-50.
- 4-Heukelom S, Lanson JH, Mijneer BJ. Wedge factor constituents of high energy photon beams: field size and depth dependence. *Radiother Oncol* 1994;30(1):66-73.
- 5-Popescu A, Lai K, Singer K, Phillips M. Wedge factor dependence with depth, field size, and nominal distance--a general computational rule. *Med Phys* 1999;26(4):541-9.
- 6-Ahmad M, Hussain A, Muhammad W, Rizvi SQ, Matiullah. Studying wedge factors and beam profiles for physical and enhanced dynamic wedges. *J Med Phys* 2010;35(1):33-41.
- 7-Hajizadeh Safar M, Ghavam Nasiri MR, Gholam Hosseinian H. Assessment of variation of wedge factor with depth, field size and SSD for Neptun 10PC Linac in Mashad Imam Reza Hospital. *Iran J Radiat Res* 2004;2(2):53-8.

Analytical Method for Determination of Wedge Factors Dependency of Field Size and Depth for 6mv & 18mv Photon Beams In Siemens Primius Plus Accelerator

Mohammad javad Tahmasebi Birgani¹, Mohammad Ali Behrooz², Mansur Zabihzadeh³,
Sudabeh Reja Eskandari^{4*}, Davoud Khezerloo⁵

1- Associated Professor of
Medical Physics.

2-Professor of Medical Physics

3-Assistant Professor of Medical
Physics.

4- Student in Medical Physics.

5-M.Sc. Medical Physics.

1,2,3-4-Department of Medical
Physics, School of Medicine,
Ahvaz Jundishapur University of
Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

5-Department of Medical Physics,
Golestan Hospital, Ahvaz
Jundishapur University of
Medical sciences, Ahvaz, Iran.

*Corresponding author:

Sudabeh Reja Eskandari;

Department of Medical Physics,
School of Medicine, Ahvaz

Jundishapur University of Medical
Sciences, Ahvaz, Iran.

Tell: +989166142443

Email: [sudabehrejaeskandari@
yahoo.com](mailto:sudabehrejaeskandari@yahoo.com)

Abstract

Background and Objectives: Shields with variable thickness (physical wedge) is used in radiotherapy for eliminating hot spots and create a uniform dose distribution beam. In this regard, determining a factor for calculating the attenuation of beam by using the wedge is important in order to compensate for the dose of the treatment. This study aims to use a semi-experimental method and convert it to computer software for determining the wedge factor and enlarging treatment planning system (TPS) in radiotherapy department.

Subjects and Methods: Relative dosimetry of accelerator Primus plus of Ahvaz Golestan hospital radiotherapy department was performed for with wedge and without wedge fields at the reference depth (10 cm), by ionization chambers (CC13/SN-6186 & 6187) that was calibrated in atomic energy organization of Iran (SSDL center). The wedge factors were calculated for square fields with wedge angles 15,30,45 and 60. Finally, an analytical equation for wedge factor is defined. By this equation the attenuation coefficient of wedge can be obtained. With these results the wedge factor in all depths of phantom, therapeutic fields and photon energy (6 and 18 MV) is determined. Therefore, using TBL Curve ver5 and MATLAB they were converted in to a computer software.

Results: By using TBL Curve ver5 software an analytical equation for different depths of wedged fields in photon energies 6 and 18 MV with accuracy ($r^2 > 0/995$) is obtained, that can determine the wedge factor with accuracy less than 5% compared to measurement.

Conclusion: Based on this research determination of wedge factor for all field size at any depth, energy and for each physical wedge is available even for any case which the measuring of wedge factor is not possible.

Keywords: Linear accelerator, wedge factor, physical wedge, radiotherapy, treatment planning system.

►Please cite this paper as:

Tahmasebi Birgani MJ, Behrooz MA, Zabihzadeh M, Reja Eskandari S, Khezerloo D. Analytical Method for Determination of Wedge Factors Dependency of Field Size and Depth for 6mv & 18mv Photon Beams In Siemens Primius Plus Accelerator. *Jundishapur Sci Med J* 2013;11(6):597-608

Received: Apr 7, 2010

Revised: June 12, 2012

Accepted: June 12, 2012