مطالعه ارتباط فاکتور وج با عمق، اندازه میدان و SSD در دستگاه های کبالت۶۰

*دکتر محسن حاجی زاده صفار، **دکتر محمدرضا قوام نصیری، حمید غلامحسنیان

*گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی مشهد، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

**بیمارستان امید، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۶/۱۰ ، تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۱/۲۵

خلاصه

در رادیوتراپی به منظور بهینه نمودن توزیع دوز اشعه جذبی در ناحیه تومور در بیمار، اغلب از فیلتر وج، که قابلیت ایجاد تغییر در منحنی های ایزودوز را دارد، استفاده می شود. از آنجا که صفحه نمایش دستگاه و یا تایمرآن برای تحویل دوز اشعه تجویزی به بیمار، بدون حضور وج در میدان اشعه و احتساب فاکتور آن تنظیم می شود، بنابراین هرگونه تغییری در فاکتور وج بردوز جذب بیمار اثر خواهد گذاشت. در این مطالعه تاثیر اندازه میدان، عمق و SSD بر فاکتور وج در فیلترهای یونیورسال با زوایای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه مورد بررسی قرارگرفته است. برای اندازه گیری فاکتور وج اتاقک یونیزاسیون فارمر با حجم ۰/۶CC در داخل فانتوم آب دست سازی با ابعاد ۱۰×۲۱×۲۱ سانتی‌متر قرارگرفته و بار الکتریکی خروجی از آن توسط الکترومتر مدل NE2571 و هنگامیکه دوزیمتر به مدت ۶۰ ثانیه تحت تابش اشعه گاما از دستگاه کبالت۶۰ PICKER مدل ATC9 قرارگرفته، اندازه گیری شده است. فاکتور وج به صورت نسبت بار الکتریکی (nC) در میدان وج دار به میدان بدون وج محاسبه می شود.

به جز برای فیلتر۶۰ درجه، با سطح اطمینان ۹۵٪ هیچگونه ارتباط معنی داری بین فاکتور وج با اندازه میدان و عمق درمان وجود ندارد. تغییرات فاکتور وج برای فیلتر۶۰ درجه در شرایط این مطالعه، در حدود ۰/۵۵٪ به ازای هر سانتی‌متر تغییر در اندازه ضلع میدان و ۰/۲۸٪ به ازای هر سانتی‌متر تغییر در عمق را نشان می‌دهد. ارتباط بین فاکتور وج و SSD با سطح اطمینان ۹۵٪ به صورت خطی و معکوس وجود دارد. تغییرات این فاکتور برای فیلترهای ۳۰، ۴۵ و۶۰ درجه در شرایط این مطالعه به ترتیب ۰/۱۱٪، ۰/۱۸٪ و ۰/۳۳٪ به ازای هر سانتی‌متر تغییر در SSD می باشد. رابطه ریاضی بین فاکتور وج با اندازه میدان، عمق و SSD برای فیلتر۶۰ درجه به صورت فرمول ارائه شده و نشان می دهد که اندازه میدان و عمق اندازه گیری دارای اثرات ناچیزی بر روی فاکتور وج می باشد. اصلاح آن برای SSD که دارای محدوده تغییرات وسیعی می باشد، در کاربردهای کلینیکی قابل توجه بوده (بیشتر از ۵٪) و برای فیلتر۶۰ درجه از این رابطه محاسبه می شود: $65 < SSD < 85\ Cm$ $Wf_c = Wf[1 - 0/0033\ (SSD - 80)]$

کلمات کلیدی: فیلتر وج، فاکتور وج، دستگاه کبالت۶۰ .

مقدمه

در رادیوتراپی برای ایجاد توزیع دوز یکنواخت در بافت هدف و کاهش دوز جذب اشعه در بافتهای سالم اطراف از تکنیکهای مختلفی استفاده می شود. یکی از این تکنیها قراردادن فیلتر وج در میدان اشعه می باشد. برای بهینه نمودن توزیع دوز تومور در بیمار معمولاً با استفاده از فیلترهای وج، شدت اشعه را تغییر داده و در نتیجه منحنی های ایزودوز را اصلاح می نمایند. تصحیح دوز تحویلی به بیمار در اثر حضور فیلتر و کاهش در شدت اشعه، توسط فاکتور وج در محور مرکزی اشعه و خارج ازآن اعمال می شود. اگرچه درگزارش شماره ۲۴ ICRU(۳) در مورد فاکتور وج به اندازه میدان و عمق درمان اشاره ای نشده است، با این وجود در بسیاری از مراکز درمانی این کمیت در عمق مشخص d_{max} و اندازه میدان ۱۰×۱۰ سانتی‌متر تعیین می شود. محاسبات تایمر و یا تنظیمات صفحه نمایش دستگاه برای میدان های وج دار معمولاً با رابطه زیر انجام می شود(۶):

$$\text{فاکتور وج} = \frac{\text{دوز تجویز شده}}{\text{درصد دوز عمقی در میدان بدون وج} \times}$$

که فاکتور وج نسبت دوز جذب در میدان وج دار به میدان بدون وج می باشد. فاکتور وج بر روی محور مرکزی دارای تغییرات وسیعی از ۰/۲۵ تا ۱ می باشد(۹). چنانچه فاکتور وج دارای مقدار دقیقی نباشد، موجب خطای زیادی در دوز اشعه تحویلی به بیمار می شود. اگر چه انتظار نمی رود که اشعه گامای کبالت۶۰ دارای اثر سخت شدگی باشد(۴)،

نویسنده مسئول: دکترمحسن حاجی‌زاده صفار، تلفن: ۰۵۱۱-۸۵۴۴۰۸۱ ، نمابر: ۰۵۱۱-۸۵۹۱۹۲۲ ، E.mail: hejizadeh@mums.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

ولی ارتباط فاکتور وج با اندازه میدان، عمق و SSD می تواند به تنهایی در اثر فتونهایی که پس از برخورد با کلیماتور، فیلتر وج و فانتوم پراکنده شده و به نقطه اندازه گیری می‌رسند، ایجاد شود. اطلاعات تئوریک و تجربی زیادی در زمینه ارتباط فاکتور وج با اندازه میدان و عمق وجود دارد. تغییرات آن با اندازه میدان از عدم هرگونه تغییری تا ۱۰٪ گزارش شده است (۷). تغییرات زیادی با عمق درمان از ۲٪ تا بیشتر از ۱۰٪ در عمق ۲۰ سانتی‌متری گزارش شده است (۱، ۲). گزارش‌های منتشر شده اغلب برای شرایط خاصی است و هیچگونه رابطه ریاضی مشخصی را بین پارامترهای مختلف نشان نمی دهد. در این مطالعه درنظر است ابتدا ارتباط فاکتور وج برای وج های بیرونی با زوایای مختلف، با اندازه میدان، عمق و SSD در محدوده های مورد استفاده در کاربردهای درمانی ارزیابی گردیده و سپس فرمول ساده ای برای تعیین ارتباط نسبی آنها پیشنهاد شود. براین اساس فیزیست ها در فعالیت های روزمره خود در بخشهای رادیوتراپی خواهند توانست مقدار فاکتور وج را بر اساس پارامترهای طراحی درمان برای هر بیمار به طور دقیق اصلاح نمایند.

مواد و روش کار

فاکتور وج (wf) در عمق d زیر آب و برای اندازه میدان (Fs) و فاصله مشخص منبع اشعه تا سطح آب (SSD) با رابطه زیر تعریف می شود:

$$wf_{(Fs,d,SSD)} = \frac{\text{دوز عمقی در میدان وج دار } D_w}{\text{دوز عمقی در میدان بدون وج } D_o}$$

در این تعریف Fs طول یک ضلع از اندازه میدان است که معمولاً به صورت مربع و یا مربعی با مساحت معادل اندازه هر میدان دیگری و در مرکز آن درنظر گرفته می شود. d عمق اندازه‌گیری است و می تواند هر عمقی بیشتر از d_{max} را داشته باشد. اطلاعات تجربی این مطالعه با روش استاندارد SSD و با استفاده از فیلترهای یونیورسال با پهنای ۱۲ و طول ۱۵ سانتی‌متر که از At۱۰٪ و ۹۰٪ سرب ساخته شده با زوایای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه به دست آمده است. برای اندازه گیری از فانتوم آب دست ساز با ابعاد ۱۰×۲۱×۲۱سانتی‌متر که بر روی تخت درمان با SSD=۸۰cm قرارگرفته و از یک اتاقک یونیزاسیون فارمر با حجم ۰/۶cc به عنوان دوزیمتر در عمق ۵Cm از سطح آب استفاده شده است. در هر اندازه گیری دوزیمتر به طور متناوب در میدان وج دار و بدون وج قرارگرفته و در هر حالت پس از ۶۰ ثانیه تابش اشعه از دستگاه کبالت ۶۰ مدل Picker ATC9، بارالکتریکی (nC) خروجی از الکترومتر فارمر مدل NE2571 ثبت می گردید. فاکتور وج به صورت نسبت بارالکتریکی حاصل از میدان وج دار به میدان بدون وج محاسبه شده است.

برای بررسی ارتباط فاکتور وج با اندازه میدان، میدان مربعی ۵×۵ Cm را با افزایش های ۱×۱ سانتی‌متری تا ۱۱×۱۱ Cm افزایش داده و در هر مرحله در عمق ۵ Cm و SSD=۸۰Cm دوز جذب از طریق خروجی الکترومتر پس از ۶۰ ثانیه تابش از دستگاه کبالت ۶۰ در میدان وج دار و بدون وج اندازه گیری شده است.

در این مطالعه از میدان های مربعی استفاده شده است، ولی برای هر وج می‌توان از میدان های غیرمربع درصورتی که طول ضلع اندازه میدان، آن گونه که توسط Podgorsak تشریح شده از مربع معادل آن محاسبه شود، نیز استفاده نمود (۸).

تاثیر عمق بر روی wf با اندازه گیری ازعمق ۵ تا ۱۰سانتی‌متر با فواصل ۱cm و در SSD=۸۰Cm، اندازه میدان ۱۰×۱۰Cm و ۶۰ ثانیه تابش اشعه مطالعه گردیده است. همچنین تاثیرات SSD بر روی wf با تغییر آن از ۶۵ تا ۸۵ سانتی‌متر با فواصل ۵ Cm مطالعه گردیده است. در این اندازه گیریها دوزیمتر در عمق ۵ Cm و اندازه میدان ۱۰×۱۰ Cm و تابش اشعه به مدت ۶۰ ثانیه انجام شده است.

نتایج

نتایج اندازه‌گیری‌ها در این مطالعه به صورت فاکتور وج برای فیلترهای یونیورسال با زوایای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه در اندازه میدان، عمق و SSDهای مختلف در جداول ۱ تا ۳ به ترتیب نشان داده شده است.

وجود ارتباط خطی بین فاکتور وج با هر یک ازعوامل مختلف توسط تست های آماری رگرسیون بررسی گردیده است. برای اطمینان از نرمال بودن مانده اطلاعات آن از تست Shapiro Wilk نیز استفاده گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱: تغییرات فاکتور وج برحسب اندازه میدان (طول ضلع میدان) برای فیلترهای وج یونیورسال در تابش ^{60}Co.

اندازه میدان Cm	فاکتور وج		
	۳۰°	۴۵°	۶۰°
۵	۰/۶۷۵	۰/۴۹۰	۰/۲۷۴
۶	۰/۶۶۶	۰/۴۹۹	۰/۲۷۵
۷	۰/۶۵۷	۰/۴۸۶	۰/۲۸۰
۸	۰/۶۷۸	۰/۵۰۰	۰/۲۸۰
۹	۰/۶۶۷	۰/۴۹۶	۰/۲۸۰
۱۰	۰/۶۷۸	۰/۵۰۳	۰/۲۸۲
۱۱	۰/۶۶۸	۰/۴۹۹	۰/۲۸۳

جدول۲: تغییرات فاکتور وج برحسب عمق برای فیلترهای وج یونیورسال در تابش ^{60}Co.

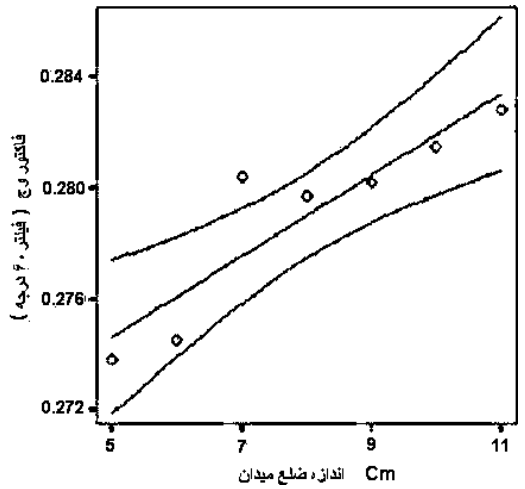
عمق اندازه گیری Cm	فاکتور وج		
	۳۰°	۴۵°	۶۰°
۵	۰/۶۶۴	۰/۴۰۴	۰/۲۷۳
۶	۰/۶۶۱	۰/۴۰۷	۰/۲۷۴
۷	۰/۶۶۳	۰/۴۰۵	۰/۲۷۳
۸	۰/۶۶۴	۰/۴۰۶	۰/۲۷۴
۹	۰/۶۶۶	۰/۴۰۷	۰/۲۷۶
۱۰	۰/۶۶۷	۰/۴۰۹	۰/۲۷۷

جدول۳: تغییرات فاکتور وج برحسب SSD برای فیلترهای وج یونیورسال در تابش ^{60}Co.

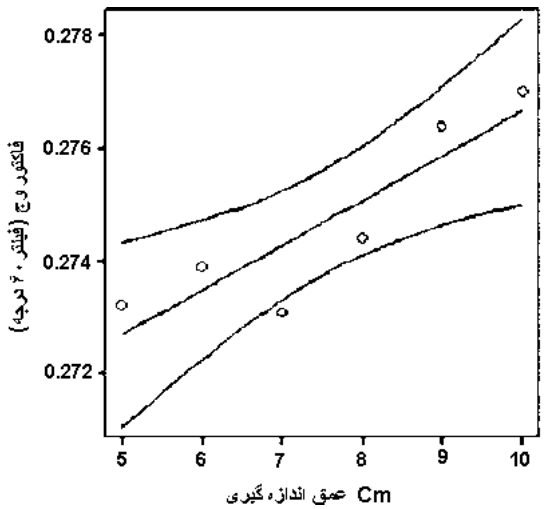
SSD Cm	فاکتور وج		
	۳۰°	۴۵°	۶۰°
۶۵	۰/۶۷۴	۰/۴۱۷	۰/۲۹۰
۷۰	۰/۶۶۹	۰/۴۱۴	۰/۲۸۴
۷۵	۰/۶۶۶	۰/۴۰۷	۰/۲۷۸
۸۰	۰/۶۶۲	۰/۴۰۷	۰/۲۷۴
۸۵	۰/۶۵۹	۰/۴۰۲	۰/۲۷۲

ارتباط خطی فاکتور وج با اندازه میدان برای فیلترهای ۳۰ و ۴۵ درجه با سطح اطمینان ۹۵٪ به علت $P>0/05$ تائید نمی گردد. برای فیلتر ۶۰ درجه ارتباط بین فاکتور وج و اندازه میدان معنی دار بوده ($P=0/005$) و خط رگرسیون و بازه اطمینان ۹۵٪ در شکل ۱ الف نشان داده شده است.

الف:



ب:

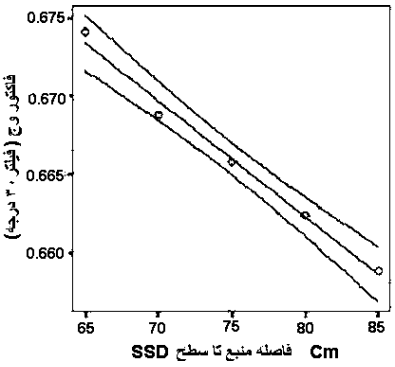


شکل۱: خط رگرسیون و بازه اطمینان ۹۵٪ برای فاکتور وج در فیلتر ۶۰ درجه برحسب الف: اندازه میدان ب: عمق اندازه گیری

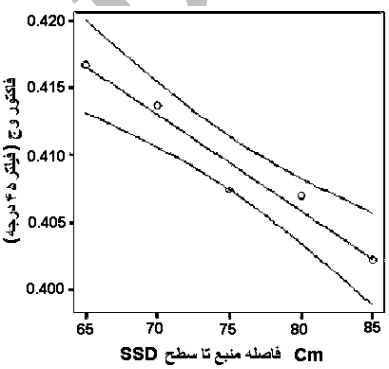
ارتباط خطی فاکتور وج با عمق برای فیلترهای ۳۰ و ۴۵ درجه با سطح اطمینان ۹۵٪ به علت $P>0/05$ تائید نمی گردد. برای فیلتر ۶۰ درجه ارتباط آن معنی دار بوده ($P=0/015$) و خط رگرسیون و بازه اطمینان ۹۵٪ در شکل ۱ب نشان داده شده است. ارتباط خطی معکوس فاکتور وج با SSD برای تمام فیلترها با سطح اطمینان ۹۵٪ تائید می شود. شکل ۲ خطوط رگرسیون و بازه اطمینان ۹۵٪ را برای آنها نشان می دهد.

www.SID.ir

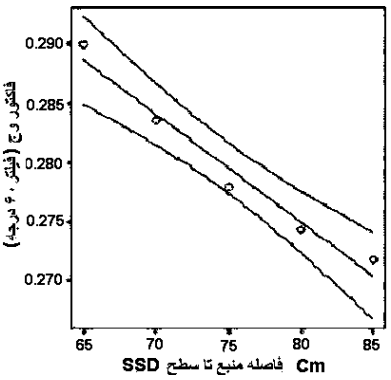
الف:



ب:



ج:



شکل۲: خطوط رگرسیون و بازه اطمینان ۹۵٪ برای فاکتور وج برحسب SSD در فیلترهای الف:۳۰ درجه ب: ٤٥ درجه، ج: ٦٠ درجه.

بحث

با افزایش زاویه فیلتر و همچنین کاهش SSD، فتون های پراکنده در نقطه اندازه گیری افزایش می یابند. بنابراین ارتباط فاکتور وج با اندازه میدان و عمق صرفاً برای فیلترهای ضخیم (۶۰ درجه) ولی ارتباط خطی و معکوس آن با افزایش SSD برای تمام فیلترها مورد تائید قرارگرفته است. ارتباط فاکتور وج با عمق و اندازه میدان در محدوده وسیعی از انرژیها (از کبالت ۶۰ تا ۱۸MV) توسط خانم نیرومند و همکاران مطالعه گردیده است (۶) . نتایج آنها بیانگر آن است که میزان ارتباط فاکتور وج با زاویه وج، انرژی اشعه و شکل کلیماتور تغییر نموده و برای زوایای بزرگ ($>30^{\circ}$) ضریب تصحیحی پیشنهاد نموده اند که با نتایج این مطالعه مطابقت خوبی را نشان می دهد.

ارتباط فاکتور وج با اندازه میدان به همان اندازه که در اثر پراکندگی اشعه در فانتوم (۵) می‌باشد، می تواند در اثر پراکندگی آن در پیش کلیماتور، فیلترهای مورد استفاده و فیلترهای وج (۷) به وجود آید. تغییرات کل در فاکتور وج با اندازه میدان برای فیلتر ۶۰ درجه در شرایط این مطالعه در حدود ۳/۳٪ (۰/۵۵٪ به ازای هرسانتی‌متر تغییر در اندازه ضلع میدان) می باشد که تصحیح آن در کاربردهای کلینیکی ناچیز و قابل صرفنظرکردن است.

ارتباط فاکتور وج با عمق به خاطر اثر سخت شدن اشعه تابشی هنگام عبور از میان فیلتر وج و افزایش فتون های پراکنده در اثر گرادیان دوز جذبی (۴) می باشد. تغییرات کل فاکتور وج با عمق برای فیلتر ۶۰ درجه مورد استفاده در این مطالعه ۱/۴٪ (۰/۲۸٪ به ازای هرسانتی‌متر تغییر درعمق) می باشد که در کاربردهای کلینیکی ناچیز به نظر می‌رسد.

ارتباط فاکتور وج با SSD توسط Popescu وهمکاران (۹) برای فیلترهای مختلف داخلی و بیرونی و فتون های با انرژی MV ۲۴-۴ مطالعه شده است. نتایج آنها نشان می دهد که فاکتور وج در فواصل مرتبط کلینیکی مستقل از SSD می باشد که با نتایج این مطالعه مغایرت دارد. به نظر می‌رسد تفاوت نتایج به خاطر نوع و انرژی و در نتیجه اثر سخت شدن اشعه ایست که در مطالعه آنها مورد استفاده قرارگرفته است. تغییرات کل فاکتور وج با SSD برای فیلترهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه در شرایط این مطالعه به ترتیب ۲/۳٪، ۳/۶٪ و ۶/۷٪ می باشد که معادل ۰/۱۱٪، ۰/۱۸٪ و ۰/۳۳٪ به ازای هر سانتی‌متر تغییر درSSD می باشد.

نتیجه گیری

میزان تصحیح مورد نیاز در فاکتور وج برای فیلترهای ضخیم (۶۰ درجه) به ازای هرسانتی‌متر افزایش در اندازه ضلع میدان (در محدوده ۱۱Cm-۵) برابر ۰/۵۵٪ ، به ازای هرسانتی‌متر تغییرعمق درمحدوده ۱۰Cm-۵ برابر ۰/۲۸٪ و به ازای هرسانتی‌متر افزایش SSD در محدوده ۸۵-۶۵ سانتی‌متر

Archive of SID

www.SID.ir

به ترتیب برای فیلترهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه برابر با ۰/۱۱٪، ۰/۱۸٪ و ۰/۳۳٪ می باشد. این نتایج را برای فیلتر ۶۰ درجه می‌توان با رابطه ریاضی زیر نشان داد.

$$Wf_c = Wf\,[1 + 0/0055\,(Fs - 5)] \qquad 5<Fs<11Cm$$

$$Wf_c = Wf\,[1 + 0/0028\,(d - 5)] \qquad 5< d<10\ Cm$$

$$Wf_c = Wf\,[1 - 0/0033(SSD - 80)] \qquad 65<SSD<85\ Cm$$

که wf_c فاکتور وج تصحیح شده برای هر یک از عوامل اندازه میدان، عمق و SSD می باشد. از آنجا که تغییرات بیشتر از ۵٪ در دوز تحویلی به بیمار نیاز به تجدید نظر در طراحی درمان دارد، بنظر می‌رسد اندازه میدان و عمق درمان تاثیر ناچیزی بر فاکتور وج داشته و تصحیح فاکتور وج صرفاً برای SSD که دارای گستره وسیعی از تغییرات در کاربردهای کلینیکی است، قابل توجه می باشد.

تشکر و قدردانی

از آقای سرمد به خاطر مشاوره آماری و همچنین از آقای منادی و پرسنل بخش رادیولژی بیمارستان امید به خاطر همکاریهای صمیمانه ای که در انجام این مطالعه داشته اند تشکر و قدردانی می شود.

Reference

1. Cozzi A. F., Cozzi L., Garavaglia G., 1996, Wedge factor dependence on depth and field size, Radiothe. Oncol., 39, 31-34.
2. Heukelom S., Lanson J. H., Mijnheer B. J., 1994, Wedge factors constituents of high energy photon beams: Field size and depth dependence, Radiothe. Oncol., 30, 66-73.
3. ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements), Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures, ICRU Report No. 24 (ICRU, Washington, DC, 1976), 12-14.
4. Kalend A. M., Wu A., Yoder V., Maitz A., 1990, Separation of dose-gradient effect from beam-hardening effect on wedge factors in photon fields, Med. Phys., 17, 701-704.
5. Lee Y., Prasad S. G., Parthasaradhi K., Satyanarayana H., Pepela M., Garces R. M., 1989, Study of wedge transmission factor, Med. Phys., 16, 481.
6. Niromand-Rad A., Haleem M., Rodgers J., Obcemea C., 1992, Wedge factor dependence on depth and field size for various beam energies using symmetric and half-collimated asymmetric jaw setting, Medical Physics, 19, (6): 445-1450.
7. Palta J. R., Daftari I., Suntharalingam N., 1988, Field size dependence of wedge factors, Med. Phys., 15; 624-626.
8. Podgorsak M. B., Kubsand S. S., Paliwal B. R., 1993, Dosimetry of large wedged high-energy photon beams, Med. Phys., 20, 369-373.
9. Popescu A., Lai K., Singer K., Phillips M., 1999, Wedge factor dependence with depth, field size, and nominal distance – A general computational rule, Med. Phys., 26(4), 541-549.

Archive of SID

www.SID.ir