

(مقاله‌ی اصیل)

## محاسبه‌ی فاکتور انباشت دز (Buildup Factor) اشعه‌ی گامای کبالت - 60 با

### استفاده از مفهوم نسبت بافت به هوا (Tissue Air Ratio)

محمد جواد طهماسبی بیرگانی<sup>1\*</sup>، منصور ذبیح‌زاده<sup>2</sup>، حجت‌اله شهبازیان<sup>3</sup>، مظفر ناصرپور<sup>4</sup>

#### چکیده

زمینه: به دنبال برخورد فوتون با ماده، علاوه بر فوتون‌های اولیه فوتون‌های ثانویه تولیدی نیز باید در محاسبه دز اشعه لحاظ شوند. فاکتور انباشت دز نقش فوتون‌های ثانویه را در محاسبه‌ی دز در نظر می‌گیرد. به دلیل تأثیر قابل ملاحظه-ی دز ناشی از این پرتوهای پراکنده در دز نهایی و به دلیل پیچیدگی‌های دخیل در محاسبه‌ی این فاکتور از طریق روش‌های پیشنهادی، در این مطالعه فاکتور انباشت دز اشعه‌ی کبالت 60 با استفاده از مفهوم نسبت بافت به هوا (Tissue Air Ratio) برای میدان‌های تابش مختلف در آب محاسبه می‌شود.

روش: با استفاده از رابطه‌ی کلی بین فاکتور انباشت دز و کمیت نسبت بافت به هوا (1) رابطه‌ای برای اشعه‌ی گامای کبالت 60 به دست می‌آید. به کمک رابطه‌ی به دست آمده مقادیر فاکتور انباشت دز محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از نرم‌افزار Table Curve 2D معادله‌ی کلی فاکتور انباشت دز به صورت تابعی از عمق و ابعاد میدان محاسبه می‌شود.

نتایج: مقادیر عددی فاکتور انباشت دز و معادله‌ی کلی این فاکتور نسبت به عمق و ابعاد میدان تابش برای دستگاه درمانی کبالت 60 تا عمق 30 سانتی‌متری به دست آمد.

نتیجه‌گیری: با افزایش عمق و ابعاد میدان تابش به دلیل افزایش پراکندگی اشعه، فاکتور انباشت دز افزایش می‌یابد. مقادیر فاکتور انباشت دز برای اندازه‌ی میدان-ها و در عمق‌های مختلف با نتایج گزارش شده استاندارد ANSI مطابقت قابل قبولی را نشان می‌دهد (حداکثر اختلاف 2/5 درصد).

واژگان کلیدی: رادیوتراپی، کبالت 60، نسبت بافت به هوا، فاکتور انباشت دز.

1- دانشیار گروه فیزیک پزشکی،

دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی

جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.

تلفن و پست الکترونیک: 09161133689

[tahmasebi\\_mj@yahoo.com](mailto:tahmasebi_mj@yahoo.com)

2- استادیار گروه فیزیک پزشکی،

دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی

جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.

تلفن و پست الکترونیک: 09125032283

[Zabihzadeh\\_m@yahoo.com](mailto:Zabihzadeh_m@yahoo.com)

3- استادیار گروه رادیوتراپی و آنکولوژی

بیمارستان گلستان، دانشکده پزشکی،

دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز،

اهواز، ایران.

تلفن و پست الکترونیک: 09163134361

[Hjshahbazian@yahoo.com](mailto:Hjshahbazian@yahoo.com)

4- دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیک

پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، کمیته

تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم

پزشکی جندی‌شاپور اهواز، ایران.

تلفن و پست الکترونیک: 09381273254

[mozafar70@yahoo.com](mailto:mozafar70@yahoo.com)

\* نویسنده‌ی مسئول:

محمد جواد طهماسبی بیرگانی؛ ایران،

اهواز، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور

اهواز، دانشکده‌ی پزشکی، گروه فیزیک

پزشکی.

تلفن: 09161133689

Email: [tahmasebi\\_mj@yahoo.com](mailto:tahmasebi_mj@yahoo.com).

تاریخ پذیرش: 91/5/21

تاریخ دریافت: 90/10/28

## مقدمه

بین منبع و آشکارساز می‌توان تخمین دقیقی‌تری از دز و حفاظ مورد نیاز اشعه به دست آورد.

علی‌رغم اهمیت فاکتور انباشت دز تاکنون مطالعه‌ای جهت محاسبه‌ی این فاکتور با در نظر گرفتن اندازه‌ی میدان‌های تابش مختلف و در حالتی که منبع اشعه در خارج از محیط مورد مطالعه واقع است، صورت نگرفته است. به دلیل تأثیر قابل ملاحظه‌ی دز ناشی از این پرتوهای پراکنده در دز نهایی و به دلیل پیچیدگی‌های دخیل در محاسبه‌ی این فاکتور از طریق روش‌های پیشنهادی، در مطالعه‌ی اخیر این فاکتور برای گامای کبالت 60 با در نظر گرفتن اندازه‌ی میدان‌های تابش مختلف و در عمق‌های مختلف در محیط آب در حالی که منبع اشعه در خارج از محیط پرتوگیری در هوا و در فاصله‌ی 80 سانتی‌متری از سطح آب قرار دارد، محاسبه شده است.

اندازه‌گیری یا محاسبه‌ی دز ناشی از فوتون‌های پراکنده در مواد مختلف و انرژی‌های مختلف بسیار مشکل و وقت‌گیر می‌باشد و مطالعات بسیاری پیرامون اندازه‌گیری یا محاسبه‌ی این فاکتور انجام شده است (6).

فاکتور انباشت دز اولین بار به وسیله‌ی وایت (white) در سال 1950 جهت محاسبه‌ی عمق نفوذ اشعه‌ی گامای کبالت 60 در آب به کار برده شد (7). اهمیت این فاکتور به وسیله‌ی فانو (Fano) در سال 1953 تشریح شد. در سال 1954 مجموعه جداول فاکتور انباشت دز برای 6 عنصر و آب توسط گلداستین (Goldstein) و ویلکینز (Wilkins) منتشر شد (8).

گروه (American National Standard) ANS در سال 1980 جهت ارائه‌ی استانداردهای فاکتور انباشت دز شکل گرفت. این گروه اطلاعات فاکتورهای انباشت دز و ضرایب تضعیف اشعه را در استاندارد ANSI/ANS-6.4.3-1991 ارائه کرد. از این اطلاعات استاندارد جهت انتخاب مواد مناسب برای حفاظت در برابر اشعه و دزیمتری استفاده می‌شود (9). این اطلاعات

دستیابی به بهره‌ی درمانی مطلوب و رعایت ملاحظات حفاظت تشعشعی مربوطه مستلزم محاسبه‌ی دقیق دز اشعه در درمان‌های تشعشعی است. علاوه بر دز ناشی از فوتون‌های اولیه‌ی تابشی به ماده، دز حاصل از فوتون‌های ثانویه‌ی ایجاد شده نیز باید در محاسبات دز اشعه منظور شود. در مراحل مختلف درمان تشعشعی از جمله طراحی حفاظ مناسب تشعشعی و تعیین دز موضعی (local Dose)، فاکتورهای انباشت دز جهت در نظر گرفتن اثرات فوتون‌های ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرند (2). به هنگام محاسبه دز، فاکتور انباشت دز تأثیر فوتون‌های ثانویه (فوتون‌های پراکنده، ترمزی و فوتون نابودی در پدیده‌ی تولید زوج) را در محاسبه دز در نظر می‌گیرد (3). بر این اساس فاکتور انباشت دز، نسبت دز کل حاصل از فوتون‌های اولیه و ثانویه به دز حاصل از فوتون‌های اولیه می‌باشد. این فاکتور عددی بزرگ‌تر یا مساوی یک ( $B \geq 1$ ) خواهد بود و به انرژی اشعه، جنس ماده‌ی تحت تابش، ابعاد میدان و عمق مورد نظر بستگی دارد (4). از این فاکتور در تصحیح آهنگ دز قرائت شده به وسیله‌ی دزیمتر در فواصل مختلف مابین منبع و دزیمتر استفاده می‌شود. به کمک فاکتور انباشت دز روند محاسبه‌ی تضعیف دسته اشعه تا حدود زیادی آسان می‌شود (5). در طراحی حفاظ تشعشعی، از رابطه‌ی کاهش نمایی:  $I = I_0 e^{-\mu x}$  استفاده می‌شود که در این رابطه  $x$  ضخامت ماده‌ی جاذب و  $\mu$  ضریب تضعیف خطی است. این معادله بر این فرض استوار است که دسته اشعه بسیار باریک و محدود بوده و ضخامت ماده‌ی جاذب نیز بسیار نازک است. علاوه بر این در این معادله اثرات پراکندگی دسته اشعه در نظر گرفته نشده است. در شرایط عملی و با در نظر گرفتن پراکندگی‌های دسته اشعه، با وارد کردن فاکتور انباشت دز در رابطه‌ی کاهش نمایی اشعه از تخمین‌های غیرواقعی دز جلوگیری کرده و با توجه به جنس و ضخامت ماده‌ی جاذب، انرژی اشعه و فاصله‌ی

اتمی بالا و پایین، با در نظر گرفتن اثر برمشتراهلنگ الکترون و پوزیترون و فوتون پدیده‌ی فنا استفاده شد. سومین مزیت روش **IE** این بوده است که فاکتورهای انباشت دز در عناصر با عدد اتمی بالا، با در نظر گرفتن اشعه‌ی فلورسانس لبه‌ی **K** محاسبه شدند، اما در استاندارد **ANS** از یک اشعه‌ی **X** اختصاصی جداگانه استفاده می‌شود (14). در روش **IE** تنها از یک سطح مقطع برخوردار برای تمام عناصر چه با عدد اتمی کم و چه عدد اتمی زیاد استفاده شده است. در حالی که در روش استاندارد **ANS** برای عناصر با عدد اتمی پایین و عدد اتمی بالا فاکتور انباشت دز با استفاده از سطح مقطع‌های جداگانه محاسبه شده است. سطح مقطع کل در این روش، جمع سطح مقطع فوتوالکتریک، کمپتون، تولید جفت بوده و از سطح مقطع پراکندگی رابلی (به دلیل عدم تغییر انرژی فوتون) چشم‌پوشی شده است (12). سوبایا (Subbaiah) و همکارانش در سال 1989 با استفاده از روش‌های مونت‌کارلو تأثیر پراکندگی رابلی را در محاسبات فاکتور انباشت دز برای مواد با عدد اتمی بالا و پایین در محدوده‌ی انرژی 0/015 تا 3 Mev و تا عمق نفوذ 48 mfp مطالعه و طیف‌های شار پراکنده شده و آهنگ‌های دز ناشی از پراکندگی رابلی را گزارش کردند (15). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شکل طیف‌ها با و بدون در نظر گرفتن پراکندگی رابلی یکسان است هر چند در نظر گرفتن پراکندگی رابلی افزایش جزئی در شار نقاط نزدیک به سطح برخورد را موجب می‌شود.

هاریمایا (Harima) و همکارانش با استفاده از کدهای شبیه‌سازی مونت‌کارلو فاکتور انباشت دز را در محدوده‌ی وسیعی از انرژی، عدد اتمی و فاصله محاسبه کردند. ضرایب تضعیف به دست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که با کاهش انرژی فوتون، به دلیل پراکندگی‌های متوالی این ضرایب افزایش می‌یابند و می‌توان از پراکندگی رابلی در شرایطی که ضریب تضعیف کل در محاسبه‌ی دز مورد استفاده قرار می‌گیرد، چشم‌پوشی کرد. البته این

محدوده‌ی انرژی بین 0/015 تا 15 Mev و عمق نفوذ 0 تا 40mfp(mean free path) را پوشش می‌دهند. اطلاعات ارائه شده‌ی استاندارد **ANS** ماحصل نتایج مطالعاتی است که در 18 سال گذشته در زمینه‌ی فاکتور انباشت دز و ضرایب تضعیف انجام شده است. اما قبل از این که گروه **ANS** تشکیل شود، مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به فاکتور انباشت دز توسط مؤسسه‌ی ملی استاندارد و تکنولوژی **NIST** منتشر شده بود (10). این اطلاعات تنها موادی مانند: هوا، آب، آهن و بتون را پوشش می‌داد. در مطالعات پیشین تنها پراکندگی کمپتون را در محاسبات فاکتور انباشت دز در نظر می‌گرفتند، در حالی که در محاسبات گروه کاری **NIST** تمام فوتون‌های ثانویه (شامل: کمپتون، اشعه‌ی فنا و برمشتراهلنگ) در محاسبه‌ی فاکتور انباشت دز لحاظ شد. هر چند اطلاعات موجود در **NIST** با داده‌های حاصل از روش شبیه‌سازی مونت کارلو اختلاف داشت (11).

در سال 2003 شیمیزو (Shimizu) و همکارانش مجموعه‌ی جدیدی از اطلاعات فاکتورهای انباشت دز را برای منبع همسانگرد (Isotropic) نقطه‌ای در درون محیط بی‌کران (Infinite) با روش **Invariant Embedding (IV)** گزارش کردند (12). اطلاعات ارائه شده بسیار مشابه اطلاعات **ANS** بود اما روش **IE** مزیت‌هایی از جمله امکان محاسبه فاکتورهای انباشت دز تا عمق نفوذ 100mfp به صورت دقیق، در نظرگیری کامل تأثیر اشعه برمشتراهلنگ الکترون و پوزیترون و فوتون پدیده‌ی فنا برای تمام عناصر با عدد اتمی بالا و پایین را دارا می‌باشد. در روش **ANS** فاکتورهای انباشت دز در مواد با عدد اتمی بالا محاسبه شدند. اما این روش بر این فرض ساده استوار است که فوتون‌های ثانویه در همان جهت فوتون‌های اولیه منتشر می‌شوند در حالی که در روش **IE** محاسبات بر اساس توزیع زاویه‌ای انرژی فوتون‌های ثانویه انجام می‌شود (13). روش **IE** جهت محاسبه‌ی فاکتورهای انباشت دز برای تمام عناصر با عدد

(B) و عمق (X) فیت (با کمترین ضریب رگرسیون ممکن که بهترین فیت حاصله را به دست دهد) می‌کنیم. بر این اساس رابطه‌ی حاصله به صورت زیر به دست آمد:

$$(3)$$

$$B(X) = a + bX + cX \ln X + dX^3$$

که X عمق میدان مورد نظر و متغیرهای a, b, c, d تابع اندازه‌ی میدان تابش می‌باشند.

در نهایت جهت یافتن رابطه‌ی کلی که به کمک آن بتوان مقدار فاکتور انباشت دز (B) را در هر عمق و ابعاد میدان درمانی به دست آورد، با استفاده از نرم‌افزار رابطه‌ی بین متغیرهای a, b, c, d و ابعاد میدان تابش به دست می‌آوریم.

اندازه‌گیری‌های عملی TAR برای دستگاه کبالت-60 (بیمارستان گلستان - اهواز) در اندازه‌ی میدان‌ها و عمق‌های مختلف در داخل فانتوم آب  $50 \times 50 \times 50 \text{ cm}^3$  با استفاده از دزیمر 0/6 CC (PTW model, Feriburg) انجام شد.

### نتایج

رابطه‌ی کلی که با استفاده از آن می‌توان مقدار فاکتور انباشت دز را در هر عمق و اندازه میدان درمانی به دست آورد به صورت زیر به دست آمد: (4)

$$\begin{aligned} & 1/03 + 0/001L^{1/5} - 2/52 \times 10^{-6}L^3 - 0/012L^{0/5} \\ & .) = 0/0056 + 0/024L - 0/007L^{1/5} + 0/00058L^2 \\ & (L) = 0/001 - 0/074L + 0/0024L^{1/5} - 0/0002L^2 \\ & \cdot 1/37 \times 10^{-8}L^{2/5} - 6/5 \times 10^{-9}L^3 + 7/85 \end{aligned}$$

جدول زیر مقادیر فاکتور انباشت دز نسبت به عمق (0/5-30cm) را برای همه اندازه میدان‌های مورد استفاده درمانی ( $0 \times 0 - 35 \times 35 \text{ cm}^2$ ) نشان می‌دهد. برای نمونه، نمودارهای 1، 2 و 3 تغییرات فاکتور انباشت دز (B) را نسبت به عمق برای میدان‌های  $4 \times 4$ ،  $10 \times 10$  و  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  به ترتیب نشان می‌دهند. نتایج مربوطه نشان می‌دهد که با افزایش عمق و اندازه‌ی میدان، فاکتور انباشت دز افزایش می‌یابد. همان‌گونه که از داده‌های ارائه

وضعیت تنها در فوتون‌های با انرژی بالاتر از صدها Kev و به خصوص در مواد با عدد اتمی بالا اتفاق می‌افتد، چرا که سطح مقطع پراکندگی راپلی در مقایسه با سطح مقطع کل ناچیز است (16). در مطالعه‌ای که توسط هاریما و نیشیواکی (Nishiwaki) در سال 1972 صورت گرفت فاکتور انباشت دز در محدوده‌ی انرژی بین 5 تا 10Mev برای مواد مختلف و برای ضخامت‌های بالای 20 mfp محاسبه و فرمول:

$$\frac{1 + (B - 1)(k^x - 1)}{(k - 1)}$$

به دست آمد که k و B پارامترهای GP fitting و x فاصله‌ی منبع تا آشکارساز است (17).

مانجوناسا (Manjunatha) و ردراسوانگ (Rudraswang) در سال 2011 فاکتور انباشت دز را در محدوده‌ی انرژی بین 0/015 تا 15 Mev و عمق نفوذ 40mfp با استفاده از روش GP fitting در دندان به دست آوردند و نشان دادند که فاکتور انباشت دز می‌تواند در تخمین توزیع نسبی دز در نواحی مختلف دندان مفید واقع شود (18).

### روش

ابتدا با ساده کردن رابطه:

(1)

$$TAR(X) = \frac{\sum_{i=1}^N n_i E_i \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) f_i B_{en}(\mu_i X) \cdot e^{-\mu_i X}}{\sum_{i=1}^N n_i E_i \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) f_i}$$

رابطه ساده:

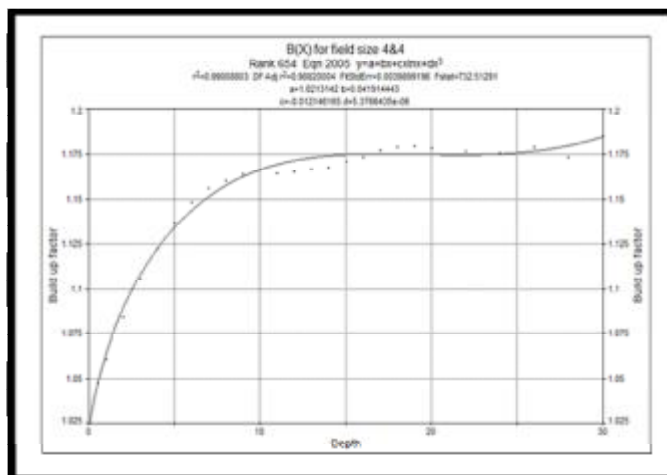
(2)

$$B(X) = TAR(X) e^{\mu X}$$

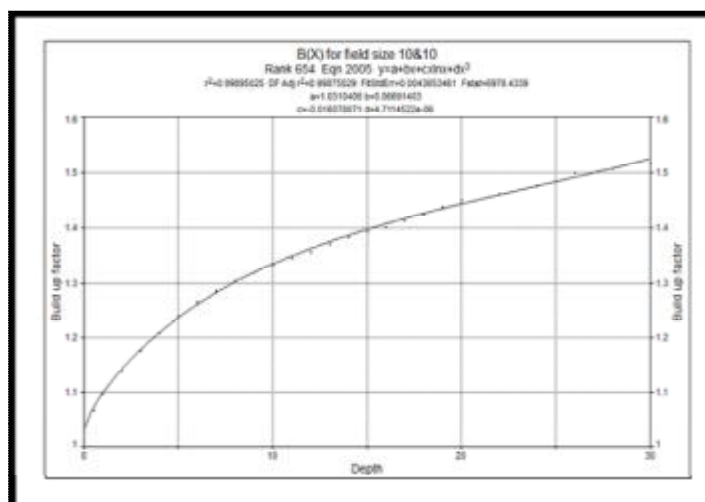
را برای گامای کبالت 60 در نظر می‌گیریم. با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده نسبت بافت هوا (TAR) مربوط به کبالت 60، مقادیر فاکتور انباشت دز را برای اندازه میدان‌های درمانی مختلف و تا عمق 30cm به دست آورده، سپس با به کارگیری نرم‌افزار TABLE CURVE یک رابطه‌ی ریاضی بین فاکتور انباشت دز

شده در جدول 1 و نمودارهای 2، 3 و 4 بر می آید، برای عمق‌های اولیه شدیدتر می‌باشد.  
تمام اندازه‌های میدان‌های مورد استفاده این افزایش در  
جدول 1: فاکتور انباشت دز برای اندازه‌ی میدان‌های درمانی نسبت به عمق.

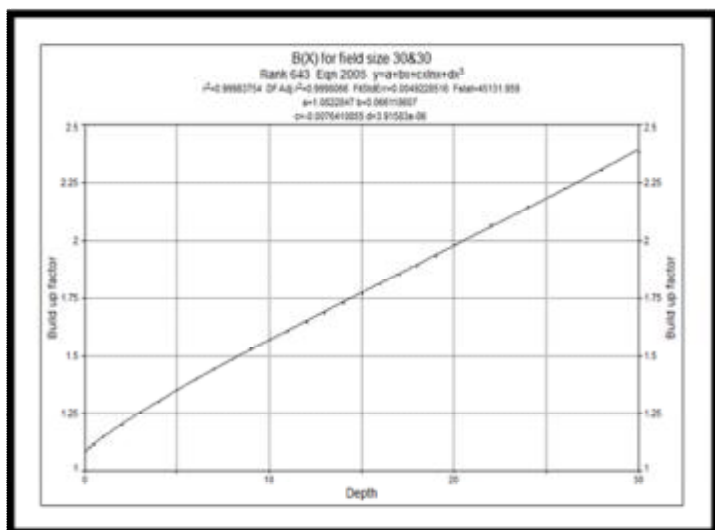
ابعاد میدان (cm <sup>2</sup> )													
عمق (cm)	0×0	4×4	5×5	6×6	7×7	8×8	10×10	12×12	15×15	20×20	25×25	30×30	35×35
0/5	1/032	1/047	1/05	1/055	1/058	1/062	1/068	1/074	1/085	1/097	1/107	1/115	1/119
1	1/015	1/048	1/055	1/085	1/081	1/088	1/098	1/106	1/116	1/131	1/142	1/149	1/155
2	1/002	1/059	1/071	1/075	1/118	1/126	1/139	1/150	1/163	1/180	1/194	1/202	1/208
3	0/985	1/066	1/081	1/136	1/148	1/159	1/177	1/191	1/207	1/228	1/244	1/255	1/262
4	0/971	1/069	1/089	1/161	1/177	1/189	1/210	1/227	1/246	1/271	1/290	1/306	1/315
5	0/957	1/070	1/093	1/182	1/200	1/216	1/241	1/260	1/284	1/313	1/336	1/355	1/369
6	0/942	1/067	1/089	1/199	1/220	1/237	1/267	1/290	1/318	1/351	1/379	1/401	1/417
7	0/929	1/062	1/071	1/211	1/234	1/256	1/287	1/315	1/348	1/390	1/421	1/446	1/465
8	0/914	1/053	1/062	1/221	1/245	1/268	1/305	1/336	1/376	1/424	1/461	1/490	1/512
9	0/902	1/043	1/051	1/227	1/254	1/279	1/319	1/356	1/400	1/457	1/499	1/535	1/558
10	0/889	1/032	1/038	1/232	1/262	1/289	1/334	1/373	1/422	1/486	1/535	1/575	1/603
11	0/878	1/018	1/028	1/234	1/267	1/297	1/347	1/387	1/441	1/513	1/567	1/602	1/643
12	0/865	1/007	1/019	1/238	1/272	1/304	1/358	1/405	1/462	1/541	1/601	1/648	1/686
13	0/854	0/995	1/010	1/244	1/280	1/314	1/371	1/424	1/485	1/569	1/637	1/689	1/733
14	0/841	0/984	1/002	1/248	1/286	1/320	1/383	1/439	1/507	1/599	1/674	1/732	1/778
15	0/829	0/976	0/992	1/251	1/293	1/329	1/393	1/453	1/530	1/633	1/708	1/773	1/821
16	0/816	0/966	0/984	1/259	1/297	1/333	1/402	1/465	1/550	1/663	1/743	1/814	1/866
17	0/804	0/957	0/972	1/262	1/302	1/341	1/414	1/481	1/569	1/689	1/780	1/853	1/912
18	0/794	0/947	0/962	1/266	1/310	1/351	1/425	1/494	1/588	1/719	1/815	1/893	1/956
19	0/783	0/936	0/939	1/273	1/316	1/359	1/439	1/512	1/611	1/748	1/851	1/937	2/004
20	0/771	0/926	0/918	1/278	1/324	1/366	1/451	1/525	1/632	1/777	1/890	1/982	2/053
22	0/755	0/902	0/896	1/278	1/326	1/373	1/462	1/542	1/659	1/831	1/960	2/068	2/149
24	0/731	0/877	0/876	1/281	1/331	1/381	1/471	1/572	1/700	1/878	2/032	2/147	2/242
26	0/704	0/859	0/859	1/288	1/340	1/396	1/499	1/593	1/738	1/929	2/094	2/222	2/332
28	0/684	0/834	0/834	1/297	1/349	1/402	1/508	1/619	1/772	1/989	2/152	2/306	2/424
30	0/665	0/822	0/822	1/298	1/352	1/412	1/518	1/625	1/784	2/031	2/231	2/384	2/510



نمودار 1: تغییرات فاکتور انباشت دز بر حسب عمق برای میدان  $4 \times 4 \text{ cm}^2$



نمودار 2: تغییرات فاکتور انباشت دز بر حسب عمق برای میدان  $10 \times 10 \text{ cm}^2$



نمودار 3: تغییرات فاکتور انباشت دز بر حسب عمق برای میدان  $30 \times 30 \text{ cm}^2$

## بحث

چندانی بین اطلاعات ارائه شده و استاندارد پذیرفته شده وجود ندارد (حداکثر اختلاف مشاهده شده 2/5 درصد). در جدول 2 مقادیر فاکتور انباشت دز به دست آمده در این مطالعه برای میدان  $35 \times 35 \text{ cm}^2$  در عمق‌های متغیر با داده‌های کارهای قبلی جهت مقایسه آورده شده است. نتایج حاصل از روش پیشنهادی در این مطالعه نسبت به روش کیبانی (Chibani) کمترین اختلاف را نشان می‌دهد. عمده دلیل اختلاف نتایج مطالعه‌ی حاضر در مقایسه با نتایج دیگران در نظر گرفتن اندازه‌ی میدان و قرار داشتن منبع تابش در خارج از محیط تحت تابش می‌باشد.

یک استثنا میدان فرضی  $0 \times 0 \text{ cm}^2$  است که با افزایش عمق میدان مقدار فاکتور انباشت دز کاهش می‌یابد. این وضعیت به این دلیل اتفاق می‌افتد که کمیت نسبت بافت به هوا (TAR) برای این میدان به طور فرضی بوده و داده‌های مربوط به این میدان فرضی از اطلاعات سایر میدان‌های اندازه‌گیری شده برون‌یابی شده است. برای کامل‌تر نمودن این رابطه در نظر گرفتن کامل طیف تابشی در ادامه‌ی این تحقیق پیشنهاد می‌شود که در حال انجام است.

رابطه‌ی پیشنهادی حاصل از مطالعه‌ی حاضر با استفاده از مفهوم TAR ضمن در نظرگیری تأثیر اندازه‌ی میدان کاربردی در درمان‌های تله‌تراپی، محاسبه‌ی تغییرات فاکتور انباشت دز با عمق را میسر می‌کند.

با قراردادن ابعاد میدان (L) و عمق مورد نظر (X) در فرمول (4)، مقدار فاکتور انباشت دز مربوطه را می‌توان محاسبه نمود. نحوه‌ی محاسبه‌ی فاکتور انباشت دز پیشنهادی در مطالعه‌های گذشته به گونه‌ای است که منبع نقطه‌ای اشعه درون همان محیط مورد محاسبه قرار داشته و تابش اشعه از قانون عکس مجذور فاصله پیروی می‌کند. تاکنون مطالعه‌ای که همزمان با در نظرگیری اندازه‌ی میدان، منبع تابش را در خارج از محیط تابش مانند آنچه که در تله‌تراپی با آن مواجه هستیم در نظر بگیرد گزارش نشده است. در حالی که در این مطالعه، منبع کبالت در فاصله‌ی 80 سانتی‌متری از سطح آب (محیط محاسبه) قرار داشته و ابعاد میدان تابش نیز متغیر است. نتایج حاصل از مطالعه‌ی حاضر افزایش فاکتور انباشت دز را با افزایش عمق نشان می‌دهد که ناشی از افزایش میزان پراکندگی با افزایش عمق می‌باشد و مورد انتظار است چرا که با افزایش عمق نفوذ، دسته‌ی اشعه مربوطه بازتر می‌شود و ماده‌ی پراکنده‌کننده‌ی بیشتری تحت تابش قرار می‌گیرد. با افزایش اندازه‌ی میدان به دلیل افزایش ماده‌ی پراکنده‌کننده‌ی سر راه اشعه و افزایش سطح مقطع برخورد اشعه با سطح فانتوم نیز انتظار افزایش فاکتور انباشت دز را داریم که نتایج حاصله این امر را به درستی تخمین می‌زند.

مقایسه‌ی نتایج به دست آمده در این مطالعه برای بزرگ‌ترین میدان تابش ( $35 \times 35 \text{ cm}^2$ ) با اطلاعات ارائه شده در استاندارد ANSI نشان می‌دهد که تفاوت

جدول 2: مقادیر فاکتور انباشت دز در آب برای گامای کبالت 60 با استفاده از روش‌های مختلف.

عمق	استاندارد ANS	روش MCNP5	روش ASFIT	روش Kitsos	روش Hirayama	روش Chibani	روش Wooten	این مطالعه (میدان $35 \times 35$ )
10Cm	1/53	1/60	1/52	1/61	1/56	1/54	1/07	1/56
20Cm	2/08	2/16	2/09	2/15	2/1	2/09	1/72	2/04
40Cm	3/11	3/12	3/12	3/33	3/15	3/11	2/48	3/03

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه جندی شاپور اهواز که هزینه طرح رادیوتراپی بیمارستان گلستان اهواز اعلام می‌دارند. همچنین بخش

## References

- 1-Tripathi UB, Lyer PS. Use of tissue-to- air ratio in computation of specific absorbed fraction. J Nucl Med 1975;16(6):492-4.
- 2- Kurudirek M, Doğan B, İnceç M, Ekinci N, Özdemir Y.. Gamma-ray energy absorption and exposure buildup factor studies in some human tissues with endometriosis. Appl Radiat Isot. 2011;69(2):381-8.
- 3-Herbold G, hartman GT, lorenz WJ. Montecarlo calculation of energy build-up factors in the range from 15 Kev to10 Kev, with special refrence to the dosimetry of I-125seeds. Physics Med Biol 1988;33(9):1037-40.
- 4-Yoshida Y. Development of fitting methods using geometric progression formulae of gamma ray build-up factors. J Nucl Sci Technol 2006;43(12):1446-57.
- 5-KHan FM. The physics of radiation therapy. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins; 2010
- 6-Parjit SS, Tejbir S, Kaur P. Variation of energy absorption buildup factors with incident photon energy and penetration depth for some commonly used solvents. Ann Nucl Energy 2008;35(6):1093-7.
- 7-Harima Y. An historical review and current status of build-up factor calculations and applications. Radiation Phys Chem 1993;41:631-72
- 8-Goldstein H, Wilkins J. Calculation of the penetration of gamma rays. Nucl Develop Assoc 1954.
- 9-ANSI/ANS-6.4.3-1991. Gamma-ray attenuation coefficients and Buildup factors for engineering materials. La Grange Park: American Nuclear Society; 1991.
- 10-NIST. PHOTX:Photon interaction cross-section
- 11- Sardari D, Abbaspour A, Baradaran S, Babapour F. Estimation of gamma and X-ray photons buildup factor in soft tissue with monte carlo method. Appl Radiat Isot 2009;67(7-8):1438-40 .
- 12- SHimizu A, Takashi O, Sakamoto Y. Calculation of gamma build-up factors to depth of 100 mfp by the method of invariant embedding. Nucl Sci Technol 2004;41(4):413-24.
- 13-Hirayama H. Calculation of gamma-ray exposure buildup factors up to 40 mfp using the egs4 monte carlo code with a particle splitting. J Nucl Sc Technol 1995;32:1201-7.
- 14-Nilkucuk M. Worcoding of gamma ray energy absorption build-up factors using neoral net. Ann Nucl Energy 2008;35(10):1787-90.
- 15-Subbaiah KV, Natarajan A, Gopinath DV. Impact of coherent scattering on the spectra and energy deposition of Gamma Ray in Bulk Media. Nucl Sci Eng 1989;101(4):352-70.
- 16-Harima Y, Hirayama H. Comparison of Gamma ray buildup factors for low Z material and for low energies using Discrete Ordinate and point Monte carlo method. Nucl Sci Eng 1987;96:241-52.
- 17-Harima Y, Nishiwaki Y. An approxmiation of nuclear engineering and design. Ann Nucl Energy 1972;23(2):209-75.
- 18-Manjunatha HC, Rudraswamj B. computation of exposure build-up factors in teeth. Radiat Pphys Chem 2011;80(1):14-21.



## «Original Article»

## Calculation of build-up factor of Co-60 by using of tissue air ratio concept

Mohamad javad Tahmasebi Biragani<sup>1\*</sup>, Mansur Zabihzadeh<sup>2</sup>, Hojatolah Shahbazian<sup>3</sup>,  
Mozafar Naserpur<sup>4</sup>

1-Associate professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

2- Assistant professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

3-Assistant professor, Department of Radiotherapy and Oncology, Golestan Hospital, School of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

4- Ms Student of Medical Physics, Department of Medical Physics, School of Medicine, Student Research Committee, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

\*Corresponding Author:  
Mohamad javad Tahmasebi Biragani,  
Department of Medical Physics,  
School of Medicine, Ahvaz  
Jundishapur University of Medical  
Sciences, Ahvaz, Iran.  
Tell: +9161133689  
Email: [tahmasebi\\_mj@yahoo.com](mailto:tahmasebi_mj@yahoo.com)

### Abstract

**Background:** When a primary radiation interacts with a medium, the secondary radiations are produced, that the contribution of these secondary radiation should considered in the calculation of dose. Build-up factor is a dosimetric correction factor to assume effect of secondary radiation in calculation of dose. Calculation of this factor is very difficult and time consuming. Due to significance of this factor and difficulties in calculation of this factor in other method, the aim of this study is to calculate Build-up factor of cobalt-60 by using of Tissue Air Ratio concept in water

**Methods:** Build-up factor equation for Co-60 obtained by using of general equation between Build-up factor and TAR. Build-up factors values calculated by using of this equation. Then, by using of TABLE CURVE software in several steps, general equation of Build-up factor obtained as a function of depth and field size.

**Results:** Build-up factor values and general equation of this factor were obtained as a function of depth and field size for Co-60 unit, to depth 30 Cm. graph of build-up factor plotted against depth for any field size, and physical formula of this factor was expressed as a function of depth for any field size with minimum regression ( $R^2=0.986$ )

**Conclusion:** By increase of depth and field size due to increase of scattered radiation, build-up factors were increased. Build-up factors values in field size 35×35 have a good agreement with data in ANSI standard. (maximum differences=2.5%)

**Keywords:** radiotherapy, cobalt 60, tissue air ratio, build-up factor.

► Please cite this paper as:

Tahmasebi Biragani M, Zabihzadeh M, Shahbazian H, Naserpur M. Evaluation of effect of honey and vitamin E on apoptosis in testes of rat exposed to noise stress. *Jentashapir* 2012;3(4):513-521

Received: 18.1.2012

Accepted: 11.08.2012