

تعیین دز جذبی نسبت به بافت کبد در عمل رادیوتراپی توسط نوترون

سید علیرضا موسوی شیرازی*

استادیار، گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۹)

چکیده

در این مقاله، یک بافت کبد واقعی همراه با بافت‌های نرمی که در قسمت جلوی آن قرار دارند (مانند چربی و پوست) به عناصر تشکیل دهنده‌شان تجزیه شده‌است و سپس مورد تابش دهی به وسیله نوترون در عمل رادیوتراپی قرار گرفته‌است. این مطالعه می‌تواند برای همه بافت‌های کبد در خصوص درمان سرطان قرار گیرد. مقادیر دز جذبی در یک بافت کبد در نتیجه برخورد بین نوترون‌ها با هسته عناصر تشکیل دهنده بافت کبد تعیین شده‌است. در این مطالعه توصیفی - مقطعی بافت کبد، مورد تابش دهی به وسیله نوترون قرار داده شد و مقادیر دز جذبی یا انرژی جذب شده در هر یک از مواد تشکیل دهنده بافت کبد بدست آورده شد. نتایج با استفاده از آمار توصیفی با استفاده از نرم افزار Excel v2010 و SPSS v16 تجزیه و تحلیل شدند. یافته‌های مطالعه حاکی از آن است که اگر ترکیبات موجود در بافت کبد، پی و پوست به عناصر تشکیل دهنده شان نظیر هیدروژن، اکسیژن، کربن، نیتروژن، سولفور و سدیم تجزیه شوند، مقادیر دزهای جذبی نسبت به عناصر تشکیل دهنده بافت کبد، پی و پوست که هر یک دارای اعداد جرمی مختلف می‌باشند، بیشترین مقادیر دز جذبی به عنصر هیدروژن و به سبب فراوانی آن مربوط است.

کلیدواژگان

بافت کبد، دز جذبی، رادیوتراپی، نوترون.



مقدمه

درمان تومورهای سرطانی بوسیله پرتو درمانی، تکنیکی است که بوسیله تابش ذرات سنگین با Linear Energy Transfer (LET) بالا در یک واحد سلولی انجام می شود. یکی از روش های پرتو درمانی که می تواند کارآیی عمده ای در درمان تومورهای سرطانی داشته باشد رادیوتراپی به وسیله نوترون های حرارتی، فوق حرارتی و سریع می باشد. بالا بودن سطح مقطع جذب برای عنصر ^{10}B نسبت به نوترون های حرارتی ابتدا توسط دانشمندی به نام Goldhaber در سال ۱۹۳۴ بیان گردید. وی کشف کرد که ^{10}B یک تمایل زیاد و غیر معمولی نسبت به جذب هر دو نوع نوترون های حرارتی و فوق حرارتی برای انرژی های $E < 0.1\text{eV}$ دارند [1]. در حال حاضر راکتورهایی که بر پایه نوترون های فوق حرارتی کار می کنند برای رادیوتراپی توسط نوترون بکار گرفته می شوند. در شرایطی که چشمه نوترونی تک انرژی در دسترس نباشد راکتورهایی که قدرت های پایینی را شامل می شوند نیز می توانند بطور عمومی برای درمان بوسیله نوترون از جمله ^{10}B بکار گرفته شوند [2]. همچنین کند کننده اسید بوریک نیز می تواند برای اندازه گیری طیف یک پرتو تابشی نوترون فوق حرارتی نیز مفید واقع شود. بنابراین قبل از درمان عملی، ارزیابی دز جذبی منتقل شده به بیمار بسیار لازم و ضروری است [3]. عمل نوترون تراپی بوسیله اندازه گیری نوترون، یک تکنیکی از رادیوتراپی است که برای درمان تومورها با استفاده از پرتوهای بوسیله ذرات باردار دارای LET (Linear Energy Transfer) بالا انجام می شود. درمان بوسیله نوترون، شامل دو نوع (Boron Neutron Capture Therapy) BNCT و (Neutron Capture Therapy) BNCT

NCT می باشد. در روش BNCT با اندازه گیری اولیه حامل های بور و تزریق آن در بدن بیمار، از اندرکنش بین نوترون و بور موجود در محلول که منجر به تولید پرتوی α که یک پرتوی یونساز مستقیم می باشد استفاده می نمایند که این پرتو می تواند مستقیماً محیط بافت را که قسمت اعظم آن آب می باشد یونیزه نماید. ولی روش NCT روشی متفاوت از BNCT می باشد که در آن پرتوها یونساز محیط را به طور غیر مستقیم انجام می دهند. یعنی ابتدا ذرات ثانویه بارداری مانند الکترون ها را در محیط بافت بوجود آورده و سپس آن ذرات باردار، عمل یونیزاسیون را انجام می دهند. در گذشته فنتوم MIRD توسط دو دانشمند به نامهای Fisher و Snyder در ORNL در سال ۱۹۶۱ برای ۲۲ ارگان داخلی و بیش از ۵۱۱ زیر ارگان داخلی بدن طراحی شده است. این طراحی در اصل اولین ساخت فنتوم شبیه به انسان می باشد که برای دو جنس مرد و زن به منظور دزیمتری داخلی صورت گرفته است [4-8].

مواد و روش ها

در این تحقیق، فنتوم مورد نظر یک فنتوم کروی و دارای لایه های متعدد بود که برای بافت کبد ارائه شده است و دارای ترکیبات مشابه در مقایسه با ترکیبات موجود در کبد یک فرد بالغ مذکر است. ویژگی این فنتوم آن است که صرفاً به درون خود بافت محدود نمی شود بلکه تمامی بافت های جلوی کبد از جمله: چربی، پوست و بافت های زیر پوستی را نیز در برمی گیرد و لذا در این تحقیق تمامی بافت های جلوی بافت کبد در طراحی و مدلسازی این فنتوم بطور دقیق محاسبه شده اند فنتوم کبدی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است دقیقاً دارای معادل جرمی با آناتومی واقعی انسان بوده است [9]. یک بافت کبد شامل موادی از جمله آب و مولکول های سنگین



فرمول شیمیایی چربی: $\text{CH}_2\text{ORCHOR}'\text{CH}_2\text{OR}$ می‌باشد. چربی در حقیقت یک ماده مرکب نیست بلکه یک مخلوطی از تعداد زیادی اسیدهای استیر شده بنام اسیدهای چرب می‌باشد. همچنین متوسط ضخامت پوست در مردان بیشتر از زنان می‌باشد. متوسط ضخامت پوست خالص در مردان 1.5 mm است [9]. بافت پوست و بافت های زیر جلدی شامل برخی از بخش ها از جمله غشاء میانی ، زیر جلدی ، جلد پوست و چربی ها می باشد. پوست یک ماده تنها نیست و یک فرمول شیمیایی واحد ندارد. پوست به مقدار زیادی از پروتئین های مختلف ، آب ، چربی و نمک ساخته شده است. پوست یک بافت بیولوژیکی است که شامل کربن ، اکسیژن ، نیتروژن و سدیم می باشد [12].

حال با توجه به تبدیل بافت کبد و بافت های نرم جلوی آن به عناصر تشکیل دهنده شان، آن را مورد تابش دهی به وسیله نوترون قرار داده و مقادیر دز جذبی یا انرژی جذب شده در هر یک از مواد تشکیل دهنده بافت کبد بدست آورده می شود. نوترون هایی که در این تابش دهی مورد استفاده قرار می گیرند طیف وسیعی از نوترون ها در محدوده انرژی نوترون های حرارتی ، فوق حرارتی و سریع می باشند.

یافته‌ها

مقدار دز جذبی بر اساس تابش یک پرتوی نوترونی به بافت کبد و بافت های دیگر که در جلوی آن قرار دارند محاسبه می شود. اگر ترکیبات موجود در بافت کبد ، پی و پوست به عناصر تشکیل دهنده شان نظیر هیدروژن ، اکسیژن ، کربن ، نیتروژن ، سولفور و سدیم تجزیه شود ، مقادیر دزهای جذبی نسبت به عناصر تشکیل دهنده بافت کبد ، پی و پوست که هر یک دارای اعداد جرمی مختلف می باشند. همانطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود

می‌باشد. همه ترکیبات موجود در یک بافت کبد واقعی به همراه نسبت های جرمیشان و درصد مواد تشکیل دهنده اش نیز مطابق جدول ۱ نمایش داده شده‌اند [10]:

جدول ۱- مواد مرکب موجود در بافت کبد انسان و درصد جرمی آنها

ماده	درصد جرمی
آب	69.69%
گلیکوزن ($\text{C}_{24}\text{H}_{42}\text{O}_{21}$)	0.35%
($\text{C}_{44189}\text{H}_{71252}\text{N}_{12428}\text{O}_{14007}\text{S}_{321}$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) پروتئین و گلوکز	29.9%

تجزیه بافت کبد بر اساس وزن مولکول-گرمی و دانسیته مواد مرکب موجود در آن انجام می شود و سپس عناصر تشکیل دهنده ، مشخص می شوند. علاوه بر بافت کبد ، بافت های نرم دیگر که در جلوی آن قرار دارند نیز در نظر گرفته می شوند. بافت هایی که در جلوی کبد قرار دارند بافت های چربی و پوست می باشند که از طریق آنها نوترون ها عبور می کنند تا به کبد برسند. ترکیبات شیمیایی و مقادیر متوسط بافت پی در انسان مطابق جدول ۲ می باشد [11]:

جدول ۲- ترکیبات بافت پی در انسان

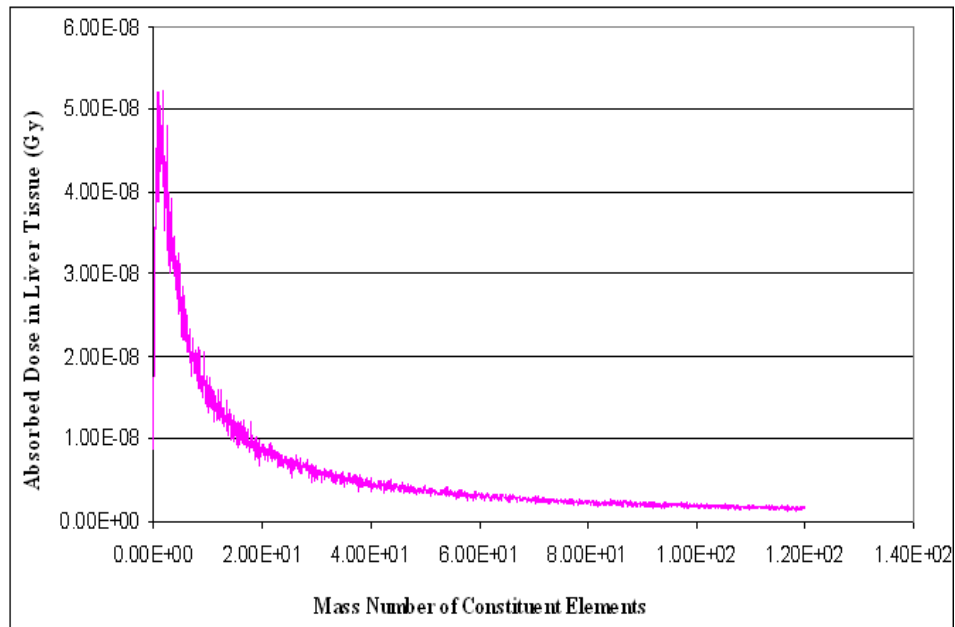
درصد وزنی استاندارد	آب (g/100g)	چربی (g/100g)	پروتئین (g/100g)
70-79	14.4	83.5	3.2
80-89	17.9	78.2	3.3
90-99	13.5	82.8	2.6
100-109	10.2	87.2	2.1
110-119	10.3	87.2	2.7

چربی و آب بطور نوعی باهم بیش از ۹۰ درصد جرم بافت پی بدن را می سازند. بافت های پی در افراد دارای ضخامت های متغیر و مختلفی از جمله 0-10 mm ، 11-20 mm ، 21-30 mm و 31-40 mm می باشند. این بستگی به سن افراد و چاق یا لاغر بودن آنها دارد. یکی از ترکیبات بافت پی ، چربی می باشد.



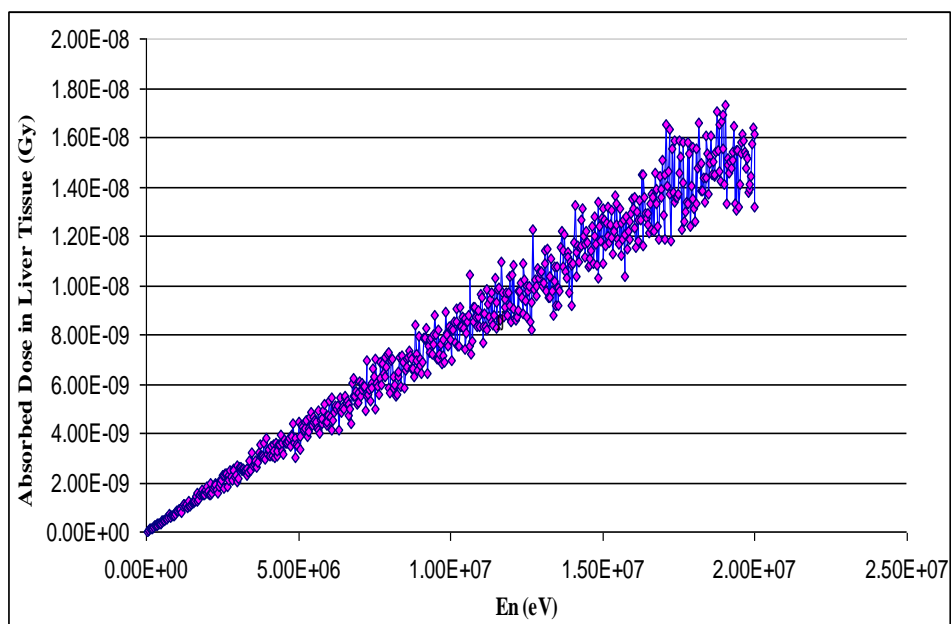
اپسیلونی (متماثل به) از صفر می باشند نظیر هیدروژن اتفاق می افتد. مطابق با شکل ۱ خواهد بود:

حداکثر دز جذبی برای عناصری که مقادیر عدد جرمی کوچکی که تقریباً معادل $0.001\text{eV}-51\text{MeV}$.



شکل ۱- مقادیر دز جذبی برای یک محدوده وسیعی از اعداد جرمی

مقادیر دز جذبی در رادیوتراپی بافت کبد برای نوترون‌های با انرژی مختلف نیز مطابق شکل ۲ می‌باشد:



شکل ۲- مقادیر دز جذبی در بافت کبد برای طیف وسیعی از انرژی نوترونی



نتیجه گیری

بیشترین مقادیر دز جذبی به عنصر هیدروژن و به سبب فراوانی آن مربوط می شود. بنابراین می توان اینچنین نتیجه گرفت که با انرژی نوترونی بیشتر، دزهای بیشتری می تواند به بافت کبد منتقل شوند که این انتقال دز، حالت تقریباً خطی خواهد داشت.

همانگونه که در شکل بالا به خوبی تشریح شده است مبدا شکل معرف و بیان کننده مقادیر بسیار پایین عدد جرمی عناصر مورد بررسی در این مطالعه می باشند که مقادیر عدد جرمی کوچکی که تقریباً معادل:

$0.001\text{eV}-51\text{MeV}$ ، اپسیلونی از صفر می باشند، گفته می شوند. در شکل ۲ نیز این مشاهده می شود که عناصری با انرژی نوترونی بیشتر، با دز بیشتری می توانند به بافت کبد منتقل شوند.



منابع و مأخذ

1. Mousavi Shirazi SA, Sardari D (2012) Design and Simulation of a New Model for Treatment by NEUTRON THERAPY. Sci. Technol. Nucl. Install, 1-7, doi:10.1155/2012/213640.
2. Rafiei Karahroudi M, Mousavi Shirazi SA (2015) Study of power distribution in the CZP, HFP and normal operation states of VVER-1000 (Bushehr) nuclear reactor core by coupling nuclear codes. Ann. Nucl. Energy 75: 38-43.
3. Annals of the ICRP (1977): Recommendations of the International Commission Radiological Protection (ICRP), Publication 26. Pergamon Press, New York.
4. Fisher, H. L., Snyder, W. S., 5666. Variation of dose delivered by 531Cs as a function of body size from infancy to adulthood. ORNL 7221, 005-008.
5. Mousavi Shirazi, S. A., Pazirandeh, A., 0252. Design of a New System for Neutron Capture Therapy (Nct) Of a Sample Tissue for Determination of Requirement Duration and Determination of Absorbed Dose. J. Sci. Islamic Azad Univ. (Phys Iss) 02, 11-68.
6. Mousavi Shirazi, S. A., Sardari, D., 0253. Analyzing the Interaction of Neutrons for Cancer Treatment Purpose. J. Basic. Appl. Sci. Res. 3 (0s), 123-126.
7. Mousavi Shirazi, S. A., Taheri, A., 0252. A NEW METHOD FOR NEUTRON CAPTURE THERAPY (NCT) AND RELATED SIMULATION BY MCNP7C CODE. AIP Conf, Kuala Lumpur, Malaysia 11-83.
8. Richmond, C. R., 5681. Icrp Report of the Task Group on Reference Man. Appl. Rad. Isotop. 50(3), 015.
9. Broder V (1960) Observations on skin thickness and subcutaneous tissue in man. Z Morph Anthrop, 50: 386-395.
10. McBride J, Mason M, Scott E (1941) The Storage of the Major Liver Components. Biol Chem, 1: 943-952.
11. Martin AD, Daniel MZ, Drinkwater DT, Clarys JP (1994) Adipose tissue density, estimated adipose lipid fraction and whole body adiposity in male cadavers. Int J Obes Relat Metab Disord, 18: 79-83.
12. Otte JW, Merrick MA, Ingersoll CD, Cordova ML (2002) Subcutaneous adipose tissue thickness alters cooling time during cryotherapy. Arch Phys Med Rehabil, 83: 1501-1505.

