J. of Nuclear Sci. and Tech.
No. 34, pp. 53-56, 2005
Archive of SID

مجله علوم و فنون هسته‌ای
شماره ٣٤، صفحات ٥٦-٥٣، ١٣٨٤

Sci. and Tech. note
یادداشت علمی و فنی

سنجه‌بندی استاندارد چشمه های ^{137}Cs مورد استفاده در براکی تراپی

عبدالرضا سلیمانیان*، آنیتا عالیپور، مصطفی غفوری
مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج - ایران

چکیده: کاربرد روز افزون روش براکی‌تراپی در مراکز پرتودرمانی، لزوم ایجاد سیستم سنجه‌بندی چشمه‌های رادیوآکتیو مورد استفاده را ایجاب می‌کند. بر این اساس، قدرت یک چشمهٔ ^{137}Cs با مشخصات متداول در سیستم‌های براکی‌تراپی، در آزمایشگاه دزیمتری استاندارد ثانویه با روش اندازه‌گیری در هوای آزاد و برحسب کرمای هوا با دقّت ۲٪ اندازه‌گیری و دو نوع مختلف اتاقک یونش، ویژهٔ اندازه‌گیری چشمه‌های براکی‌تراپی به کمک آن سنجه‌بندی شده‌اند. دقت اندازه‌گیری چشمه‌های ^{137}Cs مشابه مورد استفاده در براکی‌تراپی با استفاده از اتاقک‌های سنجه‌بندی شده حداکثر تا ٤٪ برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی: براکی تراپی، چشمهٔ رادیوآکتیو ^{137}Cs، سنجه بندی، نرخ کرمای هوای مرجع، اتاقک یونش نوع چاه، پرتودرمانی

Standard Calibration of ^{137}Cs Sources Used in Brachytherapy

A. Solimanian*, A. Alipoor, M. Ghafoori
Nuclear Research Center for Agriculture and Medicine, AEOI, P.O. Box: 31485 - 498, Karaj – Iran

Abstract: The increasing application of brachytherapy techniques in radiotherapy centers necessitates setting up a calibration system for the relevant radioactive sources. Accordingly, the strength of a low dose rate (LDR) ^{137}Cs source, with specifications common to similar radioactive gamma ray sources used in afterloading brachytherapy equipment, is measured free in air in terms of air kerma by a standard spherical ionization chamber. Two different kinds of well type ionization chambers are then calibrated by the aid of the calibrated ^{137}Cs source. The overall uncertainty of the air kerma determination of similar ^{137}Cs sources by the calibrated well type chambers is estimated not to exceed 4%.

Keywords: ***brachytherapy, radioactive source ^{137}Cs, calibration, reference air kerma rate, well type chamber, radiotherapy***

*e-mail: asoleimanian@nrcam.org

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۳/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸٤/۷/٤

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

براکی‌تراپی، روشی در پرتودرمانی است که در آن از چشمه‌های رادیوآکتیو ویژه‌ای در فاصلهٔ نزدیک، یا در حالت تماس و یا کاشت در تومور، برای درمان استفاده می‌شود. در این روش دُز بالایی به ناحیهٔ تومور داده می‌شود بطوری که بافت‌های سالم اطراف تومور کمترین مقدار دُز را دریافت کنند. در گذشته براکی‌تراپی بیشتر با چشمه‌های رادیوم یا رادون انجام می‌گرفت ولی اکنون استفاده از رادیوایزوتوپ هایی نظیر ^{137}Cs، ^{192}Ir، ^{198}Au، ^{125}I و ^{103}Pd رایج شده است [۱]. قدرت چشمه‌های رادیوآکتیو، پارامتر عمده‌ای در محاسبات دُزیمتری محسوب می‌شود و موفقیت روش براکی‌تراپی در واقع منوط به سنجه‌بندی صحیح قدرت چشمه‌های مورد استفاده است. قدرت چشمه‌های پرتوزای گاما برحسب کمیتی به نام «نرخ کِرمای هوای مرجع» (RAKR)[(1)] بیان می‌شود [۲ و ۳]. این کمیت معرّف نرخ کِرمای هوا، در فاصلهٔ یک متری از چشمه است. برای اندازه‌گیری قدرت چشمه‌های رادیوآکتیو در مراکز پرتودرمانی که امکان براکی تراپی دارند، از اتاقک‌های یونش موسوم به نوع چاه (well type) استفاده می‌شود. این اتاقک‌های یونش لازم است قبلاً به وسیلهٔ چشمه‌های استاندارد از همان نوع، سنجه‌بندی شده باشند. منظور از چشمهٔ استاندارد، چشمه‌ای است که نرخ کِرمای هوای مرجع آن در یک مرکز دُزیمتری استاندارد تعیین شده باشد. در این سنجه‌بندی، ابتدا نحوهٔ اندازه‌گیری قدرت یک چشمهٔ ^{137}Cs، که یکی از متداول‌ترین چشمه‌های مورد استفاده در سیستم‌های براکی‌تراپی است، با استفاده از روش اندازه‌گیری در هوای آزاد به وسیلهٔ یک اتاقک یونش استاندارد ثانویه، شرح داده شده است. سپس دو اتاقک یونش مختلف از نوع چاه، با این چشمه سنجه‌بندی شده‌اند.

۲- روش کار

سیستم دُزیمتری در سطح استاندارد ثانویه، شامل اتاقک یونش کروی نوع PTW LS01 به حجم $1000\ cm^3$، با الکترومتر نوع PTW UNIDOS 10002 است که برای اندازه‌گیری قدرت یک چشمهٔ ^{137}Cs دارای مشخّصات مندرج در جدول ۱ بکار رفته‌است. این چشمه، از لحاظ طبقه‌بندی چشمه‌های براکی‌تراپی، از نوع چشمه‌های کم دُز (LDR) به شمار می رود. سیستم

جدول ۱- مشخّصات چشمهٔ ^{137}Cs LDR براکی‌تراپی (ساخت Nycomed-Amersham).

کد چشمه	نوع	پرتوزایی اسمی*	ضخامت کپسول	درجهٔ خلوص	طول	قطر
CDCSJ5	Tube	۲۳۱۳MBq	۰/۵ mm	> ٪۹۹/۵	۲۰ mm	۲/۶۵ mm

*۱۰-۱۱-۱۹۹۹

دُزیمتری به وسیلهٔ پرتوهای ایکس و گاما در آزمایشگاه دُزیمتری IAEA سنجه‌بندی شده است. اندازه‌گیری‌ها در ناحیهٔ مرکزی اتاقی به ابعاد ۴m× ۷m ×۱۳m صورت گرفته و برای ارزیابی سهم پرتوهای پراکنده، اندازه‌گیری در فواصل مختلف چشمه، از ۵۰cm تا ۱۰۰cm، انجام شده‌است. پس از تعیین قدرت چشمه ^{137}Cs، دو اتاقک یونش نوع چاه مختلف به کمک آن سنجه‌بندی شده‌اند. ابتدا ناحیه‌های مناسب اندازه‌گیری را در عمق چاه اتاقک‌ها تعیین کرده سپس پاسخ اتاقک‌ها را در آن نواحی به دست آورده‌ایم.

۳- اندازه‌گیری قدرت چشمهٔ ^{137}Cs

نرخ کِرمای هوای مرجع، K_R، چشمهٔ گامای ^{137}Cs با روش توصیه شده در IAEA-TECDOC-1274 [۲]، از طریق اندازه‌گیری در هوای آزاد تعیین شده است. در این روش ابتدا نرخ کلی کرمای هوا، K_T، در سه نقطه ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متری از چشمه، به وسیلهٔ اتاقک یونش استاندارد ثانویه اندازه‌گیری شده است. سپس سهم پرتو پراکنده، با فرض ثابت بودن آن با توجّه به کم بودن اختلاف فواصل اندازه‌گیری در مقایسه با ابعاد اتاق، ارزیابی شده است. در نهایت نرخ کرمای هوای مرجع چشمه در تاریخ ۱۳۸۳/۲/۲۶ برابر با ٪۲± $\mu Gy/h$ ۱۷۳/۰۳۱=K_R تعیین شده است.

۴- سنجه‌بندی اتاقک‌های یونش نوع چاه

روش متداول اندازه‌گیری بسیاری از چشمه‌های رادیوآکتیو در براکی‌تراپی، استفاده از اتاقک‌های یونش نوع چاه است. این اتاقک‌ها از محفظه‌ای استوانه‌ای تشکیل شده‌اند که در وسط و در امتداد محور آن حفره‌ای استوانه‌ای برای قرار دادن چشمه‌های مورد اندازه‌گیری تعبیه شده‌است. در اینجا دو نوع مختلف از این اتاقک‌ها را با استفاده از چشمهٔ استاندارد ^{137}Cs سنجه‌بندی

www.SID.ir

Archive of SID

کرده‌ایم. مشخّصات کلّی این اتاقک‌ها در جدول ۲ مندرج است. برای اندازه‌گیری بار الکتریکی از الکترومتر نوع PTW UNIDOS 10002 استفاده شده است. برای اتاقک یونش نوع SNC 1008 از ولتاژ پلاریزاسیون ۴۰۰ ولت و برای اتاقک یونش نوع PTW HDR W33004 از ولتاژ ۳۰۰ ولت استفاده کرده‌ایم. ابتدا تأثیر پولاریتهٔ ولتاژ (polarity effect) و همچنین اثر بازترکیبی یون‌ها (ion recombination) با روش موسوم به دو ولتاژ بررسی شده‌اند که نتایج حاصل در مورد هر دو اتاقک ناچیز بوده‌است. سپس ناحیهٔ مناسب اندازه‌گیری در چاه اتاقک‌ها را تعیین کرده‌ایم. برای این کار پاسخ اتاقک‌های یونش را در طول محور مرکزی چاه آنها با استفاده از چشمهٔ ^{137}Cs اندازه‌گیری کرده‌ایم. نتایج اندازه‌گیری‌ها، رفتار کاملاً متفاوت دو نوع اتاقک را نشان می‌دهد (شکل ۱). اتاقک یونش مدل SNC 1008 در فاصلهٔ بین ۴ تا ۵ سانتی‌متری از کف چاه، پاسخی نسبتاً هموار، با تغییرات کمتر از ۱٪، و اتاقک یونش مدل PTW HDR W33004 در فاصلهٔ حدود ۶ سانتی‌متر از کف چاه پاسخ ماکزیموم را دارد. در نهایت نقاط واقع در فاصله‌های به ترتیب ۴/۵ و ۶ سانتی‌متر از کف چاه اتاقک‌های مدل SNC و PTW، به عنوان نقاط سنجه‌بندی انتخاب شده‌اند. پاسخ اتاقک‌ها را در این نقاط، در محیطی که پرتوها پراکندگی اندکی داشته‌اند، برای تعیین ضریب سنجه‌بندی بکار برده‌ایم. ضرایب سنجه‌بندی اتاقک‌های یونش با استفاده از نرخ کرمای هوای مرجع چشمهٔ ^{137}Cs به قرار زیر تعیین شده‌اند:

SNC 1008: $N_{K_R} = ۱۵۶/۶۱ \frac{\mu Gy}{nA-h}$ یا $۴۳/۵۰ Gy/C \pm ٪۳$ (k=۲)

PTW HDR W33004 : $N_{K_R} = ۱۰۱۱/۵۲ \frac{\mu Gy}{nA-h}$

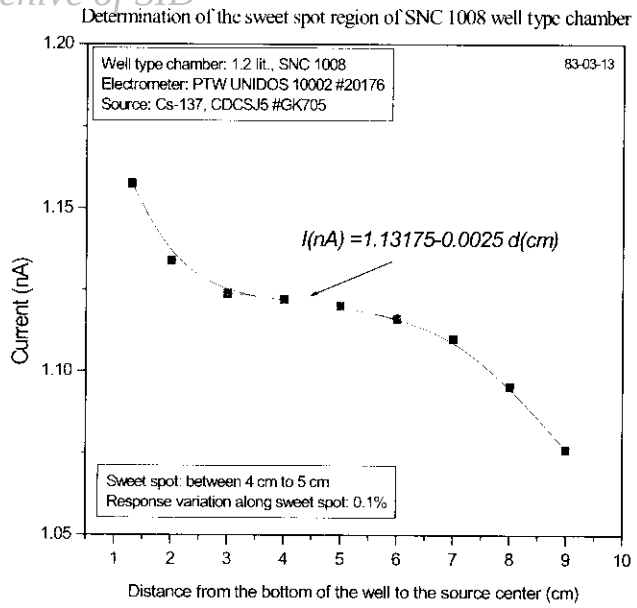
یا $۲۸۰/۸۵ Gy/C \pm ٪۴$ (k = ۲)

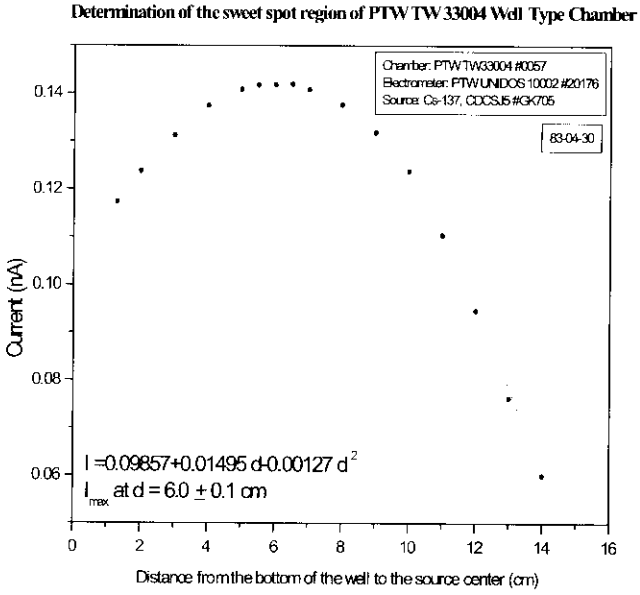
جدول ۲- مشخّصات اتاقک‌های یونش نوع چاه.

مدل	حجم (cm^3)	نوع	قطر دهانهٔ چاه (cm)	عمق (cm)	ماکزیموم ولتاژ پلاریزه، V_p (*volts*)	ماکزیموم آکتیویتهٔ قابل اندازه‌گیری (TBq)
SNC 1008	۱۲۰۰	بسته* (sealed)	۷/۱۹۸	۱۶/۶۶	۵۰۰	۰/۴
PTW HDR W33004	۲۰۰	باز**	۳/۲	۱۵	۵۰۰	۴

*حاوی گاز آرگون با فشار ۲۳/۵psi **مرتبط با هوای خارج از محفظهٔ اتاقک

www.SID.ir





شکل ۱- تغییرات پاسخ دو مدل مختلف اتاقک یونش نوع چاه نسبت به چشمهٔ ^{137}Cs در طول محور مرکزی چاه اتاقک.

ضریب سنجه‌بندی اتاقک یونش SNC با توجّه به بسته بودن محفظهٔ آن در هر دما و فشار متداول اندازه‌گیری، قابل کاربرد است ولی ضریب سنجه‌بندی اتاقک یونش PTW در شرایط محیطی دما ۲۰°C و فشار ۱۰۱۳/۲۵mb داده شده و تصحیح دما و فشار در هر شرایط دیگر اندازه‌گیری ضروری است.

۵- نتیجه‌گیری

این کار تحقیقی در جهت برپایی سیستم سنجه‌بندی چشمه‌های رادیوآکتیو مورد استفاده در براکی‌تراپی، در بخش

Archive of SID

دُزیمتری استاندارد سازمان انرژی اتمی ایران صورت گرفته است. سنجه‌بندی انجام شده تنها برای نوع خاص چشمه ^{137}Cs CDCSJ5 معتبر بوده و با توجّه به تغییرات احتمالی پاسخ اتاقک‌های یونش نوع چاه نسبت به شکل و اندازهٔ چشمه‌ها، تعیین مستقل پاسخ اتاقک‌ها نسبت به چشمه‌های مورد استفاده، به ویژه در سیستم‌های براکی‌تراپی پس‌گذار (afterloading) ضرورت دارد. البته روش‌های بکار رفته تا حد زیادی جنبه کلی دارند و می‌توان آنها را در مورد چشمه‌های دیگر متداول در براکی‌تراپی نظیر ^{192}Ir تکرار کرد.

پی‌نوشت‌ها:

۱ - Reference Air Kerma Rate

References:

1. F.M. Khan, "The Physics of Radiation Therapy," 3rd edition, Lippincott Williams and Wilkins, USA (2003).
2. International atomic energy agency, "Calibration of photon and beta sources used in brachytherapy," IAEA – TECDOC – 1274, March (2002).
3. American association of physicists in medicine, AAPM Task Group 56: Code of Practice for brachytherapy physics, Med. Phys., vol. **24,** No. 10, 1557-1598 (1997).

www.SID.ir