



Sci. and Tech. note

یادداشت علمی و فنی

سنجه‌بندی استاندارد چشمه های ^{137}Cs مورد استفاده در براکي تراپي

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

چکیده: کاربرد روز افزون روش براکي‌تراپي در مراکز پرتودرمانی، لزوم ایجاد سیستم سنجه‌بندی چشمه‌های رادیوآکتیو مورد استفاده را ایجاب می‌کند. بر این اساس، قدرت یک چشمه ^{137}Cs با مشخصات متداول در سیستم‌های براکي‌تراپي، در آزمایشگاه دزیمتری استاندارد ثانویه با روش اندازه‌گیری در هوای آزاد و برحسب گرمای هوا با دقت ۲٪ اندازه‌گیری و دو نوع مختلف اتاقک یونش، ویژه اندازه‌گیری چشمه‌های براکي‌تراپي به کمک آن سنجه‌بندی شده‌اند. دقت اندازه‌گیری چشمه‌های ^{137}Cs مشابه مورد استفاده در براکي‌تراپي با استفاده از اتاقک‌های سنجه‌بندی شده حداکثر تا ۴٪ برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی: براکي‌تراپي، چشمه رادیوآکتیو ^{137}Cs ، سنجه بندی، نرخ گرمای هوای مرجع، اتاقک یونش نوع چاه، پرتودرمانی

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

A. Solimanian*, A. Alipoor, M. Ghafouri

Nuclear Research Center for Agriculture and Medicine, AEOL, 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



۱- مقدمه

براکي‌تراپي، روشي در پرتودرمانی است که در آن از چشمه‌های رادیوآکتیو ویژه‌ای در فاصله نزدیک، یا در حالت تماس و یا کاشت در تومور، برای درمان استفاده می‌شود. در این روش دُز بالایی به ناحیه تومور داده می‌شود بطوری که بافت‌های سالم اطراف تومور کمترین مقدار دُز را دریافت کنند. در گذشته براکي‌تراپي بیشتر با چشمه‌های رادیوم یا رادون انجام می‌گرفت ولی اکنون استفاده از رادیوایزوتوپ‌هایی 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 براکي‌تراپي در واقع منوط به سنجه‌بندی صحیح قدرت چشمه‌های مورد استفاده است. قدرت چشمه‌های پرتوزای گاما برحسب کمیتی به نام «نرخ کِرَمای هوای مرجع» (RAKR)^(۱) بیان می‌شود [۲ و ۳]. این کمیت معرّف نرخ کِرَمای هوا، در فاصله یک‌متری از چشمه است. برای اندازه‌گیری قدرت چشمه‌های رادیوآکتیو در مراکز پرتودرمانی که امکان براکي‌تراپي دارند، از اتاقک‌های یونش موسوم به نوع چاه (well type) استفاده می‌شود. این اتاقک‌های یونش لازم است قبلاً به وسیله چشمه‌های استاندارد از همان نوع، سنجه‌بندی شده باشند. منظور از چشمه استاندارد، چشمه‌ای است که نرخ کِرَمای هوای مرجع آن در یک مرکز دُزیمتری استاندارد تعیین شده باشد. در این سنجه‌بندی، ابتدا نحوه اندازه‌گیری قدرت یک چشمه ^{137}Cs ، که یکی از متداول‌ترین چشمه‌های مورد استفاده در سیستم‌های براکي‌تراپي است، با استفاده از روش اندازه‌گیری در هوای آزاد به وسیله 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 10002 cm^3 ، با الکترومتر نوع PTW UNIDOS 10002 است که برای اندازه‌گیری قدرت یک چشمه ^{137}Cs دارای مشخصات مندرج در جدول ۱ بکار رفته است. این چشمه، از لحاظ طبقه‌بندی چشمه‌های براکي‌تراپي، از نوع چشمه‌های کم دُز (LDR) به شمار می‌رود. مشخصات چشمه LDR ^{137}Cs براکي‌تراپي (ساخت Nycomed-Amersham).

| کد چشمه | نوع | پرتوزایی اسمی* | ضخامت کپسول | درجه خلوص | طول | قطر |
|---------|------|----------------|-------------|-------------|----------|----------------|
| CDCSJ5 | Tube | MBq ۲۲۱۳ | mm ۰/۵ | ۹۹/۵ > % | ۲۰ mm | ۶۵ ۲/ mm |

*۱۰-۱۱-۱۹۹۹

دُزیمتری به وسیله پرتوهای ایکس و گاما در آزمایشگاه دُزیمتری IAEA سنجه‌بندی شده است. اندازه‌گیری‌ها در ناحیه مرکزی اتاقی به ابعاد $4\text{m} \times 7\text{m} \times 13\text{m}$ صورت گرفته و برای ارزیابی سهم پرتوهای پراکنده، اندازه‌گیری در فواصل مختلف چشمه، از 50 cm تا 100 cm ، انجام شده است. 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 آورده ایم.

۳- اندازه‌گیری قدرت چشمه ^{137}Cs

نرخ کِرَمای هوای مرجع، K_R ، چشمه 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 کِرَمای هوا، K_T ، در سه نقطه ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متری از چشمه، به وسیله اتاقک یونش استاندارد ثانویه اندازه‌گیری شده است. سپس سهم پرتو پراکنده، با فرض ثابت بودن آن با توجه به کم بودن اختلاف فواصل اندازه‌گیری در مقایسه با ابعاد اتاق، ارزیابی شده است. در نهایت نرخ کِرَمای



سنجه‌بندی انتخاب شده اند. پاسخ اتاقلک‌ها را در این نقاط، در محیطی که پرتوها پراکندگی اندکی داشته‌اند، برای تعیین ضریب سنجه بندی بکار برده ایم. ضرایب سنجه‌بندی اتاقلک‌های یونش با استفاده از نرخ کیرمای هوای مرجع چشمه ^{137}Cs به قرار زیر تعیین شده اند:

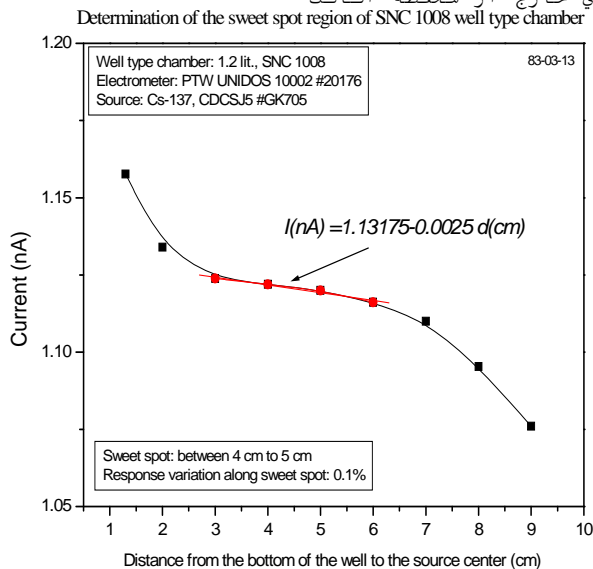
$$\text{SNC 1008: } N_{K_R} = \frac{106/61 \mu\text{Gy}}{\text{nA-h}} \quad \text{یا} \quad 43/50 \text{ Gy/C} \pm 3\% \quad (k=2)$$

$$\text{PTW HDR W33004: } N_{K_R} = \frac{1011/52 \mu\text{Gy}}{\text{nA-h}} \quad \text{یا} \quad 280/85 \text{ Gy/C} \pm 4\% \quad (k=2)$$

جدول ۲- مشخصات اتاقلک‌های یونش نوع چاه.

| مدل | حجم (cm ³) | نوع | قطر دهانه چاه (cm) | عمق (cm) | ماکزیموم ولتاژ بلاریزه، V _p (volts) | ماکزیموم آکتیویته قابل اندازه گیری (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 محفظه اتاقلک



هوای مرجع چشمه در تاریخ ۱۳۸۳/۲/۲۶ برابر با $2\% \pm \mu\text{Gy/h}$ $K_R=173/031$ تعیین شده است.

۴- سنجه‌بندی اتاقلک‌های یونش نوع چاه

روش متداول اندازه‌گیری بسیاری از چشمه‌های رادیوآکتیو در براکی تراپی، استفاده از اتاقلک‌های یونش نوع چاه است. این اتاقلک‌ها از محفظه‌ای استوانه‌ای تشکیل شده‌اند که در وسط و در امتداد محور آن حفره‌ای استوانه‌ای برای قرار دادن چشمه‌های مورد اندازه‌گیری تعبیه شده است. در اینجا دو نوع مختلف از این اتاقلک‌ها را با استفاده از چشمه استاندارد ^{137}Cs سنجه‌بندی کرده‌ایم. مشخصات کلی این اتاقلک‌ها در جدول ۲ مندرج است. برای اندازه‌گیری بار الکتریکی از الکترومتر PTW UNIDOS 10002 استفاده شده است. برای اتاقلک یونش نوع SNC 1008 ولتاژ پلاریزاسیون ۴۰۰ ولت و برای اتاقلک یونش نوع PTW HDR W33004 ولتاژ ۳۰۰ ولت استفاده کرده‌ایم. ابتدا تأثیر پولاریته 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 اتاقلک ناچیز بوده است. سپس ناحیه مناسب اندازه‌گیری در چاه اتاقلک‌ها را تعیین کرده‌ایم. برای این کار پاسخ اتاقلک‌های یونش را در طول محور مرکزی چاه آنها با استفاده از چشمه ^{137}Cs اندازه‌گیری کرده‌ایم. نتایج اندازه‌گیری‌ها، رفتار کاملاً متفاوت دو نوع اتاقلک را نشان می‌دهد (شکل ۱). اتاقلک یونش مدل SNC 1008 در فاصله بین ۴ تا ۵ سانتی‌متری از کف چاه، پاسخی نسبتاً هموار، با تغییرات کمتر از ۰/۱٪، و اتاقلک یونش مدل PTW HDR W33004 در فاصله 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 اتاقلک‌های مدل SNC و PTW، به عنوان نقاط

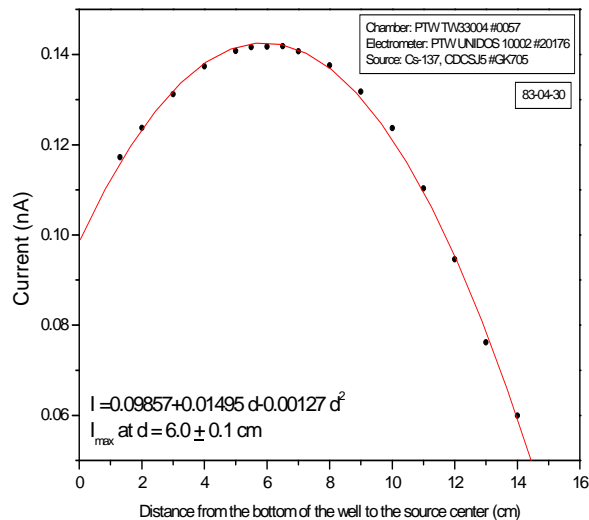


این کار تحقیقی در جهت برپایی سیستم سنجه‌بندی چشمه‌های رادیوآکتیو مورد استفاده در براکی‌تراپی، در بخش دُزیمتری استاندارد سازمان انرژی اتمی ایران صورت گرفته است. سنجه‌بندی انجام شده تنها برای نوع خاص چشمه ^{137}Cs CDCSJ5 معتبر بوده و با توجه به تغییرات احتمالی پاسخ اتاقل‌های یونش نوع چاه نسبت به شکل و اندازه چشمه‌ها، تعیین مستقل پاسخ اتاقل‌ها 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.

پي‌نوشتها :

- ۱ - Reference Air Kerma Rate

Determination of the sweet spot region of PTW/TW33004 Well Type Chamber



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

ضریب سنجه‌بندی اتاقل یونش SNC با توجه به بسته بودن محفظه آن در هر دما و فشار متداول اندازه گیری، قابل کاربرد است ولی ضریب سنجه‌بندی اتاقل یونش PTW در شرایط محیطی دما 20°C و فشار $1013/25\text{mb}$ داده شده و تصحیح دما و فشار در هر شرایط دیگر اندازه گیری ضروری است.

۵- نتیجه‌گیری

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).