تقنية جديدة لإنتاج نظائر مشعة قصيرة العمر دون أضرار جسدية (د. علاء ناصيف)

مسابقة أفضل مقالة علمية

مقالات كلية الصيدلة

مسابقة أفضل مقالة علمية
أفضل مقال - كلية طب الأسنان
أفضل مقال - كلية الصيدلة
أفضل مقال - كلية الهندسة (المعلوماتية و الإتصالات)
أفضل مقال - كلية الهندسة المدنية
أفضل مقال - كلية هندسة العمارة
أفضل مقال - كلية العلوم الإدارية والمالية

الكاتب : د. علاء ناصيف

ملخص

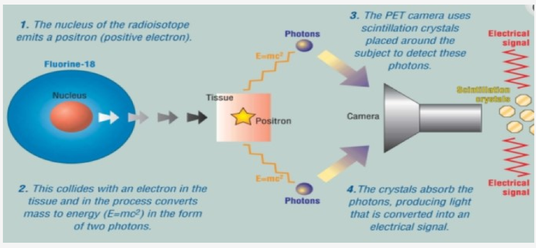
تعتبر طريقة إنتاج النظائر المشعة قصيرة العمر من أهم التحديات التي تواجه استخدامها طبياً حيث أن طريقة إنتاجها الحالية بواسطة المسرعات ذات كلفة عالية جداً بالإضافة إلى الأضرار الإشعاعية الناتجة، هنا تطرح أجهزة البلازما المحرقية نفسها كتقنية بديلة نظراً لتكلفتها المنخفضة مقارنة بالمسرعات وعدم وجود نواتج مشعة فضلاً عن إمكانية تواجدها ضمن المراكز الطبية مما يتيح إنتاج واستخدام فوري للنظائر المشعة المطلوبة.

الكلمات المفتاحية: PET، البلازما المحرقية، قبضة البلازما، المردود الإشعاعي.

مقدمة

يعدّ التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني ((PETأحد التقنيات التي تقيس الوظيفة الفيزيولوجية من خلال النظر في تدفق الدم، والتمثيل الغذائي، والناقلات العصبية، والأدوية الموسومة إشعاعيًا. يقدّم التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (PET) تحليلات كمية، مما يسمح بمراقبة التغيرات النسبية مع مرور الوقت مع تطور عملية المرض أو استجابة لمحفز محدد. تعتمد هذه التقنية على الكشف عن النشاط الإشعاعي المنبعث بعد حقن كمية صغيرة من مادة التتبع الإشعاعي في الوريد المحيطي. يتم إعطاء التتبع كحقنة في الوريد عادةً ما يتم تمييزها بأحد النظائر المشعة قصيرة العمر (SLRs) مثل O^{15} أو F^{18} أو C^{11} أو N^{13}. يستغرق إجراء فحص PET من 10 إلى 40 دقيقة، وهو غير مؤلم. إن أحد الاستخدامات الشائعة لـ PET هو قياس معدل استهلاك الجلوكوز في أجزاء مختلفة من الجسم حيث أن تراكم الجلوكوز التناظري المسمى 18-فلوروديوكسي جلوكوز (FDG) يسمح بقياس معدل استهلاك الجلوكوز. أحد الاستخدامات السريرية لهذا هو التمييز بين الأورام الحميدة والخبيثة (الأورام الخبيثة تستقلب الجلوكوز بمعدل أسرع من الأورام الحميدة). غالبًا ما يتم إجراء فحوصات الجسم بالكامل لتحديد مرحلة السرطان. تشمل التطبيقات الأخرى للتصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (PET) النظر في تدفق الدم واستهلاك الأكسجين في أجزاء مختلفة من الدماغ، على سبيل المثال، في فهم السكتات الدماغية والخرف، كما يمكن أيضًا تتبع الناقلات العصبية الكيميائية (مثل الدوبامين في مرض باركنسون) باستخدام هذه التقنية [1]. إن التقنية المستخدمة حالياً في الحصول على النظائر المشعة قصيرة العمر هي قذف أهداف بالاروتونات في السيكلوترون، ولكن بسبب التكلفة المرتفعة تطرح أجهزة البلازما المحرقية بديلا ممكناً وذلك بسبب الميزات التنافسية التي تتمتع بها من ناحية عدم وجود إشعاع نترونيو ولا نفايات مشعة بالإضافة إلى تكلفة الصيانة المنخفضة [2].

الشكل (1): آلية التصوير المقطعي بالإصدار البوزيترونيو



جهاز البلازما المحرقية الكثيفة (DPF)

عبارة عن مدفع كهرطيسي متحد المحور حيث يبدأ تفريغ البلازما في الطرف المغلق لتشكيلة الأقطاب الكهربائية المخزنة في بنك مكثفات عالي الجهد سريع التفريغ يتم نقلها عبر الأقطاب الكهربائية. سرعان ما يتطور التفريغ إلى غمد البلازما محوري متسارع الذي ينضغط في النهاية إلى عمود البلازما ساخن وكثيف (أو قبضة البلازما) في الجزء العلوي من القطب المركزي (المصعد) [3]. سرعان ما ينهار بعد فترة قصيرة جدًا (ns) بسبب لا استقرارات البلازما [4]مما يؤدي إلى نشوء حزم من الأيونات والإلكترونات تتحرك في اتجاهين متعاكسين. يتم الاستفادة من هذه الحزم الأيونية والإلكترونية في العديد من التطبيقات مثل ترسيب الأفلام الرقيقة [5]، اصطناع المواد وإنتاج النظائر المشعة قصيرة العمر [6]. في حالة استخدام غاز الديتيريوم في جهاز البلازما المحرقية الكثيفة، فمن الممكن الاستفادة من طاقة حزم الأيونات المنتجة بعد انهيار قبضة البلازما واصطدامها بهدف مناسب من أجل حدوث التفاعل المطلوب.

محاولات إنتاج النظائر المشعة قصيرة العمر بواسطة أجهزة البلازما المحرقية

امتدّت دراسات استخدام البلازما المحرقية لإنتاج النظائر المشعة إلى دراسات تجريبية ودراسات عددية ففي مجال الدراسات التجريبية درسShirani وآخرون [7] العلاقة بين طيف طاقة أيونات الديتيريوم الناتجة عن انهيار قبضة البلازما ومردود التفاعل ومن خلال استنتاج تابع الطاقة لطيف الأيونات واستنتجوا أن أجهزة البلازما منخفضة الطاقة لا يمكن أن تكون قادرة على إنتاج النظير ^{13}N من خلال تنشيط أهداف الكربون حتى لو كانت هذه الأجهزة تعمل بتردد 10 Hz لفترة طويلة ولكن ربما باستخدام أجهزة بطاقة أكبر يمكن تحقيق ذلك. كما قامbie˙nkowskaوآخرون [8]بحساب مردود التفاعل $^{13}C^{12}$(d, n)N عند استخدام كمون تفريغ150 kV. وكانت النتيجة 11.3 kBq مقارنة بالمردود الحقيقي المطلوب 28 kBq. تم إجراء بعض تجارب التنشيط من قبل Angeli وآخرون [9]عند استخدام خليط غاز الديوتيريوم في جهاز بلازما محرقية يعمل بطاقة 7 kJ، وحصلوا على نشاط إشعاعي حوالي 1تCi من ^{15}O ^{17}Fg ^{13}Ng. وبحثTalaei وآخرون [10]في تأثير المزيج الغازي على زيادة مردود التفاعلF(3He, p)$^{18}O^{16}$ واستنتجوا أن خليط الأكسجين الأمثل حوالي 16%. بينما تمكنSadat Kiai وآخرون [11] من الحصول على نشاط إشعاعي 1.1تCi للنظير ^{13}N في 20 عملية تفريغ باستخدام غاز الديوتيريوم وهدف الجرافيت. استخدم Roshan وآخرون [12]الديوترونات عالية الطاقة من جهاز بلازما محرقية منخفض الطاقة من أجل تنشيط هدف كربيد البورون. أجرى [13] Gullicksonبعض تجارب التنشيط أهداف الكربون والألمنيوم جهاز بلازما محرقية بطاقة 75 kJ. وكانت النتيجة إنتاج 10^{8}-1.4 و 10^{6}-1.64 ذرة من ^{13}N و ^{28}Al على التوالي. وفي مجال الدراسات العددية فقد أجرى Akel وآخرون [2]تجارب عددية على أجهزة بلازما محرقية متنوعة عاملة بغاز الدوتيريوم وإيجاد مردود التفاعل ^{13}N ^{12}C(d,n) و النشاط الإشعاعي، بينما تضمنت الدراسة التي أجراها Sahyouni وآخرون [14] دراسة تأثير كثافة غاز الديتيريوم وزمن التعرّض ومعدل تكرار تشغيل جهاز البلازما المحرقية على قيمة النشاط الإشعاعي للنظير المشع ^{13}N .

الاستنتاجات

نلاحظ من خلال قيم النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة قصيرة العمر التي أعطتها أجهزة البلازما المحرقية أنها تمثل تقنية مستقبلية واعدة لإنتاج مثل هذه النظائر وأنها في حال تطور مستمر للتغلّب على الصعوبات التقنية من أجل الاستخدام المستدام في تقنية PET.

المراجع

[1] *Positron Emission Tomography Scan – Mayo Clinic*, https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/pet-scan/about/pac-20385078.

[2] M. Akel, S. Alsheikh Salo, Sh. Ismael, S. H. Saw, and S. Lee, *Interaction of the High Energy Deuterons with the Graphite Target in the Plasma Focus Devices Based on Lee Model*, Physics of Plasmas **21**, 072507 (2014).

[3] *Plasma Science and Technology for Emerging Economies : An AAAPT Experience | WorldCat.Org*, https://search.worldcat.org/title/plasma-science-and-technology-for-emerging-economies-an-aaapt-experience/oclc/1020408879.

[4] S. Lee and S. H. Saw, *Plasma Focus Ion Beam Fluence and Flux—For Various Gases*, Physics of Plasmas **20**, 062702 (2013).

[5] R. S. Rawat, M. P. Srivastava, S. Tandon, and A. Mansingh, *Crystallization of an Amorphous Lead Zirconate Titanate Thin Film with a Dense-Plasma-Focus Device*, Phys. Rev. B **47**, 4858 (1993).

[6] V. Nardi, J. S. Brzosko, and C. Powell, *Ion Clusters and Exotic Plasma States.*, (n.d.).

[7] B. Shirani, F. Abbasi, and M. Nikbakht, *Production of 13N by 12C(d,n)13N Reaction in a Medium Energy Plasma Focus*, Applied Radiation and Isotopes **74**, 86 (2013).

[8] J. A. Kakavandi, M. V. Roshan, and M. Habibi, *Short-Lived Radioisotopes Scaling with Energy in Plasma Focus Device*, Eur. Phys. J. D **70**, 49 (2016).

[9] E. Angeli, A. Tartari, M. Frignani, D. Mostacci, F. Rocchi, and M. Sumini, *Preliminary Results on the Production of Short-Lived Radioisotopes with a Plasma Focus Device*, Applied Radiation and Isotopes **63**, 545 (2005).

[10] A. Talaei, S. M. Sadat Kiai, and A. A. Zaeem, *Effects of Admixture Gas on the Production of 18F Radioisotope in Plasma Focus Devices*, Applied Radiation and Isotopes **68**, 2218 (2010).

[11] S. M. Sadat Kiai et al., *Production of 16O(3He,p)18F and 20Ne(d,α)18F Short-Lived Radioisotopes with a Plasma Focus*, J Fusion Energ **30**, 459 (2011).

[12] M. V. Roshan, S. V. Springham, A. R. Talebitaher, R. S. Rawat, and P. Lee, *Nuclear Activation Measurements of High Energy Deuterons from a Small Plasma Focus*, Physics Letters A **373**, 851 (2009).

[13] R. L. Gullickson and H. L. Sahlin, *Measurements of High-Energy Deuterons in the Plasma-Focus Device*, Journal of Applied Physics **49**, 1099 (1978).

[14] W. Sahyouni, A. Nassif, O. Zeidan, and N. Kafa, *Determination of Conditions for Obtaining Radioactivity of Nitrogen-13 Isotope for Medical Use by NX2 Dense Plasma Focus Device*, St. Petersburg Polytechnic University Journal. Physics and Mathematics **66**, 98 (2023).

تنفيذ إدارة المواقع الالكترونية في الجامعة الوطنية الخاصة 2023