

反应形式一般为, 气体-液体, 液体-液体, 液体-固体三种。根据反应的特点, 相应的采用多种不同的自动化操作方法。

关于分离精制过程, 则适于用自动化的密闭式操作, 由于RI是短寿命的, 所以应采用快速层析法处理, 此时, 需探讨样品密闭加入的方法。又因在反应过程中, 有时发生液体的浓缩和干固, 需要进行蒸发操作等。为此, 必须进行蒸发浓缩装置的研制, 以便于反应的进行。

除了研制一般化学合成反应装置外, 还须研制生

物化学合成法, 例如由 $^{13}\text{NH}_3$ 合成 $^{13}\text{N}$ -谷氨酸。

## 结 语

以上, 叙述了关于超短半衰期核素的制造及其在核医学方面的应用, 它的历史尚短, 研究的不多。今后在核医学的发展上, 正电子发射体的利用将逐渐增多, 脉冲回旋加速器、正电子断层显像装置将迅速普及。因此, 培养这方面的技术人员及研究人员乃是当务之急。

〔汪允干 韩秀菊译 张永令 马寄晓审校〕

# 回旋加速器生产的短寿命放射性同位素在医学上的应用

〔Highfill RR, et al; IEEE Trans Nucl Sci 26(2):2220~2221, 1979 (英文)〕

最近对回旋加速器在医学上应用和它所生产的短寿命放射性同位素标记药物作了评论。本文着重讨论现代核医学趋势以及对医用加速器的放射性药物生产系统设计的潜在影响。

现在有两类回旋加速器生产的放射性同位素用于核医学: (1)  $\gamma$ 射线发射核, 可用 $\gamma$ 照相进行测量; (2) 正电子发射核, 可用新的正电子断层扫描仪进行测量。前者已在临床上广泛应用, 而后者正发展成为体内局部生理学研究中的一种重要的新方法。

## 发射 $\gamma$ 射线的放射性同位素

在核医学中最重要的新技术可能是静止和运动 $^{201}\text{Tl}$ 心肌显象。自1975年首次报道 $^{201}\text{Tl}$ 的生物行为之后, 愈来愈多核医学部门开始使用 $^{201}\text{Tl}$ 来检测、定位和估计心肌血流量减少区。这种检查要求病人在注射放射性药物〔 $^{201}\text{Tl}$ 〕氯化铊之前进行紧张的运动, 目的为了使缺血区显得更明显。接着给病人注射, 用具有高的计数效率、同时很方便获得和显示出每个心动周期数据的 $\gamma$ 照相机显象。这技术是非侵入性的, 可以避免心脏造影检查时要插入导管的危险。与冠状动脉造影术相比, 对有冠心病症状的患者的检查, 这种技术的敏感性达75~95%, 特异性达85~95%。

选用 $^{201}\text{Tl}$ 的理由是: (1)  $^{201}\text{Tl}^+$ 非常类似于 $\text{K}^+$ , 而 $\text{K}^+$ 是心肌细胞内的主要阳离子; (2) 用通常的 $\gamma$

照相机显像 $^{201}\text{Tl}$ 有良好的射线特性; (3)  $^{201}\text{Tl}$ 可以从半衰期为9.4小时的母核 $^{201}\text{Pb}$ 获得; (4)  $^{201}\text{Tl}$ 的半衰期为73小时, 运输方便, 也便于贮藏供应急使用。这些因素使得 $^{201}\text{Tl}$ 较K、Rb和Cs的放射性同位素用于临床更为理想。

文献介绍了 $^{201}\text{Tl}$ 的生产, 要求用25MeV或更高能量的质子束来大量生产高比度的 $^{201}\text{Tl}$ 。

由于 $^{201}\text{Tl}$ 和其它加速器生产的 $\gamma$ 射线放射性同位素使用增多, 目前至少有一家放射性药物供应厂商正在考虑研制一台高通量的直线加速器来专门生产放射性药物, 而不再建造更多的回旋加速器。随着这些医用放射性同位素的商品化, 就不需要医院自己用小型医用加速器来生产这些同位素。医用回旋加速器的前途可能在于提供不能运输的短寿命同位素, 就经济而言, 这些短寿命同位素不适合大量商品生产。

## 发射正电子的放射性同位素

随着正电子断层扫描仪发展, 由于 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 和 $^{18}\text{F}$ 的许多优点, 可作为生物化学试剂和其同系物的标记化合物而得到较好应用。正电子断层显象能用于定量测定参与生理作用的放射性药物在局部的浓度。非侵入性地进行测量, 测得这些小范围内的生理速率常数, 从而可以详细了解这些部位的生理状态。用 $^{18}\text{F}$ -2-氟-2-脱氧葡萄糖测定大脑皮层部位葡萄糖新

陈代谢,这是应用正电子断层扫描来估算生理速率常数的一个范例。在该技术里,确定一个多室模型,一级速率常数被假定用来描述这些小室间标记化合物的活性转移。通过一个恒定的输注程序,测得这些速率常数的平均值。从正电子断层显象图的计数而得的这些平均值,表明对测定大脑部位葡萄糖利用率是有用的。葡萄糖的利用率与这些小范围部位的氧耗有关,因为在大多数条件下,葡萄糖是大脑中唯一新陈代谢的基质。使用这技术,能研究在脑的不同功能区里灰质和白质小范围内的能量利用问题。这方法也能用于生理学基础研究,如能绘制出脑的功能性神经通路和

诊断大脑疾病,以及估价治疗的效应。

用于正电子断层照相术主要的放射性同位素是短寿命的( $^{11}\text{C}$ , 20分; $^{13}\text{N}$ , 10分; $^{15}\text{O}$ , 2分; $^{18}\text{F}$ , 110分),它们必须在邻近断层显象仪的地方进行生产。为了正电子断层照相术能广泛应用,必须发展适合许多医院使用的加速器放射性药物生产体系。

各家厂商最近都宣称打算生产新型回旋加速器,以便更好为正电子断层扫描需要的放射性药物生产服务。虽然目前还未建成和投产,但从商业目录上所见,可将它们的特点作一比较,见表1。

表1 现代化小型回旋加速器的比较

型 号	粒 子	能量(MeV)	束流( $\mu\text{A}$ )	靶室数	表面屏蔽	计算机控制
The Cyclotron Corp cp16	p d <sup>(1)</sup>	8~16 4~8	100 <sup>(2)</sup> 50 <sup>(2)</sup>	3~6	有 <sup>(1)</sup>	有 <sup>(1)</sup>
Scanditronix Inc, RNP-16	p d	16 8	? ?	2	有	—
Japan Steel Works "Baby"	p d	10 7	50 50	2	?	—
Sumitomo-CGR MeV. 325	p d $^3\text{He}^{(1)}$ $\alpha^{(1)}$	13.5 8 在研究中 16	50 50 40 40	4	有	—

注 (1) 有任意选择的特点;

(2) 外真空靶室,由于束流窗发热,束流目前限于质子50 $\mu\text{A}$ ,氘子30 $\mu\text{A}$ 。

## 将来可能的发展

随着正电子断层扫描的放射性药物的启用,我们对制靶法和放射化学方面已经研究过的新技术,可以用来减少回旋加速器放射性药物生产系统的体积、价格和复杂性。因为有几个核反应可用来生产 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 和 $^{18}\text{F}$ ,为了设计最佳的加速器系统,第一步希望比较这些反应的产额和束流能量、通量的关系。

我们使用公开发表的激发函数和包括阻止本领和射程代码(SPAR)在内的计算机程序,计算出质子和氘子诱导反应的饱和产额。从计算所得的产额来看,采用富集 $^{11}\text{B}$ 、 $^{13}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}$ 或 $^{18}\text{O}$ 靶子的(p, n)反应,可以产生好几居里的放射性,同时相比,目前正在使用的小型医用回旋加速器,质子束流能量可减少约50%。实际上,使用7.5MeV质子的(p, n)反应所得的 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 和 $^{18}\text{F}$ 产额比目前标准使用的15 MeV质子或7.5MeV氘子时高。

富集稳定同位素材料并不贵,商业上容易得到这些高度富集过的材料,例如用于7.5MeV质子束的厚靶价格,每只不到20美元。 $^{11}\text{B}_2\text{O}_3$ 靶子能重复使用多次,所以生产几次剂量的放射性药物,也有可能研究其它靶材料回收技术。

为了正电子断层扫描需要,若医用回旋加速器质子能量降低一半,这对该技术推广应用具有重要意义。然而为了适当利用(p, n)反应优点,为了使反应所需的粒子能量降低,将需要发展特别束流窗、制靶法和放射性回收技术。过去几十年,回旋加速器的设计已有高度发展,但是双箔、气冷束流窗、富集稳定同位素制靶法和回收靶子放射性和生产短寿命放射性药物的自动放化系统并没有得到同样发展。在这些领域采用先进技术会导致大大减少对回旋加速器的要求。

[薛祉纶 钱和生译 马寄晓 刘秀杰审核]