

Biodistribution and estimation of radiation-absorbed doses in humans for ^{13}N -ammonia PET/CT

ZHANG Fangling¹, YI Chang¹, YU Donglan², ZHAO Binliang¹,
SHI Xinchong¹, ZHANG Xiangsong^{1*}

(1. Department of Medical Imaging, 2. Department of Medical Equipment, the First
Affiliated Hospital, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510080, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the biodistribution and radiation-absorbed doses of main organs in healthy people with ^{13}N -ammonia. **Methods** Five healthy volunteers underwent whole-body PET and CT scans after injection of 666—814 MBq of ^{13}N -ammonia. The serial dynamic emission images of each healthy volunteer were acquired. ROI were drawn manually based on the transverse CT images and transferred to the corresponding PET slices. Radiation-absorbed doses were calculated using the medical internal radiation dosimetry (MIRD) method. **Results** The highest concentrations of ^{13}N -ammonia were found in the heart, liver and kidneys, followed by pancreas, brain, spleen and stomach. The organ of highest absorbed dose was heart with $(7.14 \pm 3.63) \times 10^{-3}$ mGy/MBq. The whole-body absorbed dose was $(2.11 \pm 0.44) \times 10^{-3}$ mGy/MBq. The whole-body effective dose was $(6.58 \pm 1.23) \times 10^{-3}$ mSv/MBq. **Conclusion** As one of the most important myocardial perfusion tracers, the whole-body ^{13}N -NH₃ · H₂O PET appears to be safe for humans.

[Key words] Positron-emission tomography; Radiation dosage; Healthy adult; ^{13}N -ammonia

DOI:10.13929/j.1003-3289.201606039

健康人群全身动态 ^{13}N -NH₃ · H₂O PET/CT 显像 ^{13}N -NH₃ · H₂O 的生物分布及辐射吸收剂量评估

张芳玲¹, 易 畅¹, 余冬兰², 赵彬良¹, 史新冲¹, 张祥松^{1*}

(1. 中山大学附属第一医院影像科, 2. 设备科, 广东 广州 510080)

[摘要] **目的** 探讨健康人群 ^{13}N -NH₃ · H₂O PET/CT 显像中 ^{13}N -NH₃ · H₂O 的生物分布和主要器官的辐射吸收剂量。**方法** 对 5 名健康志愿者在注射 666~814 MBq ^{13}N -NH₃ · H₂O 后进行全身 PET/CT 扫描, 获得每名受试者的连续动态图像。通过 CT 二维轴位图像手动勾画 ROI, 并在 PET 图像中找出相应层面, 按照医学内照射剂量计算(MIRD)方法评估 ^{13}N -NH₃ · H₂O 的吸收剂量。**结果** 心脏、肝及双肾 ^{13}N -NH₃ · H₂O 摄取最高, 其次为胰腺、脑组织、脾脏和胃。心脏的吸收剂量最高, 为 $(7.14 \pm 3.63) \times 10^{-3}$ mGy/MBq。受试者全身辐射吸收剂量为 $(2.11 \pm 0.44) \times 10^{-3}$ mGy/MBq, 全身有效剂量为 $(6.58 \pm 1.23) \times 10^{-3}$ mSv/MBq。**结论** ^{13}N -NH₃ · H₂O 作为重要的心肌显像示踪剂, 用于人体全身 PET/CT 显像的辐射剂量是安全的。

[关键词] 正电子发射型体层摄影术; 辐射剂量; 健康人; ^{13}N -NH₃ · H₂O

[中图分类号] R3; R817 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2017)03-0478-05

[基金项目] 国家自然科学基金(81271599)。

[第一作者] 张芳玲(1990—), 女, 广西桂林人, 硕士, 医师。研究方向: 肿瘤的多种示踪剂联合显像。E-mail: flyzfl@126.com

[通信作者] 张祥松, 中山大学附属第一医院影像科, 510080。E-mail: sd_zh@vip.tom.com

[收稿日期] 2016-06-08 **[修回日期]** 2016-12-27

$^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 是一种测定心脏和脑组织等局部血流量的示踪剂^[1-2],作为氮代谢的主要物质,其在谷氨酰胺合成中也具有重要作用。既往曾有学者^[3-4]对 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 在人体部分组织器官的辐射剂量进行研究,但受限于研究设备(均为 SPECT),不可全身连续动态扫描。目前关于 PET/CT 人体 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 显像辐射剂量的研究主要为动物实验,少数临床研究的样本量也均相对较小,且多为单纯 PET 扫描,而非 PET/CT^[5-6]。本研究对 5 名健康志愿者进行全身动态 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 成像,以医学内照射剂量计算方法(medical internal radiation dosimetry method, MIRD)对人体主要组织器官进行辐射剂量评估,以期为临床安全应用 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的制备 采用在线合成法,以 Cyclone-10/5 回旋加速器(IBA)通过 $[^{16}\text{O}(\text{p}, \alpha)^{13}\text{N}]$ 核反应产生 $^{13}\text{N-NH}_3$,并在 $^{13}\text{N-NH}_3$ 中加入少量乙醇,防止 ^{13}N 氧化。 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的放化纯度达 99%,总合成时间 ≤ 10 min。

1.2 一般资料 征集健康志愿者共 5 名(表 1),男 3 名,女 2 名,年龄 57~78 岁,平均 (65.0 ± 8.2) 岁,既往身体健康,常规体格检查、血液及尿液分析等实验室检查、精神科检查均正常。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有受试者均签署知情同意书。

表 1 5 名健康志愿者的一般资料及 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的注射活性

编号	性别	年龄(岁)	体质量(kg)	$^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 注射活性(MBq)
1	男	57	63	740.0
2	男	60	60	721.5
3	女	63	48	666.0
4	女	67	56	740.0
5	男	78	68	814.0

1.3 仪器与方法 采用 Philips Gemini GXL 16 PET/CT 扫描仪。所有受试者在注射放射性同位素前至少禁食 8 h。经低剂量 CT(low dose CT, ldCT)扫描对图像进行衰减校正。CT 扫描参数:峰值电压 140 kV,管电流 50 mAs,螺距 0.813,球管旋转时间 0.5 s。对受试者注射 666~814 MBq 的 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 后分别进行 5 次连续全身动态扫描。依据每名受试者的身高,选择 9 或 10 种检查床位置(视野 15 cm)。前 2 次二维模式全身扫描每次检查扫描时间为 1 min,随后 2 次扫描时间增加至 1 min 10 s,最后 1 次扫描时间为

1 min 30 s。每名受试者 1~5 次扫描的开始时间分别为 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 注射后 0.5、12.5、25、40 和 55 min。全身图像重建采用二维有序子集最大期望算法(OS-EM),进行 4 次迭代,包含 15 个子集,高斯滤波 5.14 mm,变焦为 1。

1.4 图像分析 将所有图像数据均传至 Philips Gemini 工作站。测量分析的源器官包括脑、甲状腺、双肺、心脏、肝、胆囊、胃、双肾、胰腺、脾及骨髓。并将肌肉组织纳入生物分布分析,另对膀胱进行辐射吸收剂量分析。骨髓摄取以脊柱和股骨头为参考,心脏和胃的 ROI 分别设定于心壁和胃壁。除骨髓和膀胱外,其余所有 ROI 的选择均以 CT 作为参考,在第 1 次扫描的 PET 二维轴位图像中进行手工勾画。由于放射性药物的排泄可导致膀胱大小和形态发生变化,因此膀胱的 ROI 在每次扫描中均需重新勾画;骨髓的 ROI 在冠状位图像中进行勾画。分别获得各脏器的时间-放射性活度曲线(time-activity curves, TAC);计算每个源器官的累积活度,以进行辐射吸收剂量分析。剩余活性为每个时间点全身总活性减去所有已知源器官的活性^[7]。

1.4.1 放射性滞留时间 每个源器官不同时间点的衰减活性以放射性摄取活度分数(percentage of the injected dose, %ID)表示,%ID=各源器官的活度/总的注射活度 $\times 100\%$;并通过 TAC 的曲线下面积(area under the curve, AUC)估算源器官的放射性滞留时间。采用 Matlab 7.0 软件,采用非线性最小二乘回归算法,单指数或双指数函数迭代,获得各源器官衰减校正的 TAC,从零至无穷大积分获得的 AUC,即为放射性滞留时间^[8]。获得的膀胱 %ID 包括尿液的总活性,故收集每名受检者的尿液并测量其活性,从膀胱总活性中减去尿液活性,获得校正的膀胱活性。虽然每名受试者的排泄时间为注射 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 后 71~87 min,但因时间间隔较短(仅 6~7 min),本研究假设最后 1 次扫描至排泄之前膀胱的总活性恒定。膀胱的放射性滞留时间为 TAC 中零至最后 1 次扫描的时间加最后 1 次扫描至自然衰退的时间^[9]。

1.4.2 吸收剂量 靶器官的辐射吸收剂量参照标准 70 kg 成年男性的吸收分数计算。采用标准 MIRD 算法,S 因子的值通过查表格获得^[10]。计算靶器官的平均总吸收剂量(mean total absorbed dose, D_k), $D_k = \sum [\tau_0 s(r_k \leftarrow r_0)]$,其中 τ_0 为源器官的滞留时间, r_k 为靶器官, r_0 为源器官。有效剂量(effective dose, ED)计

算公式: $E = \sum W_t H_t$, 其中 W_t 为靶器官的权重因子, H_t 为靶器官的剂量当量, $H_t = W_R D_k$, W_R 为辐射的权重因子。由于伽马射线和 ^{13}N 激发的正电子的权重因子为 1, 因此 H_t 数值等同于 D_k 。

2 结果

在 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 注射前及研究结束后 5 名受试者的生命体征均平稳。其中 1 名受试者不同时间 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的生物分布见图 1, 其心脏、肝及双肾可见较高的放射性浓聚; 胰腺、骨髓、双肺、脾、胆囊、胃和脑呈中等浓聚; 甲状腺摄取随时间延长而减低, 膀胱摄取随时间增加。

各器官衰减校正的 TAC 见图 2。放射性摄取活度最高者为肝, 其最高峰出现在第 1 帧采集中, 峰值%ID 为 $(26.10 \pm 7.76)\%$ 。双肺、脑、双肾、骨髓、心脏、胃、脾的峰值%ID 出现在注射 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 后 0.5 min 左右。膀胱的累计活度符合双指数曲线, 由此估计通过膀胱排泄的%ID, 获得膀胱的峰值%ID 为 $(0.84 \pm 0.66)\%$ 。

5 名受试者的源器官平均放射性滞留时间见表 2。全身 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 滞留时间为 $(8.29 \pm 2.30) \times 10^{-2}$ h, 肝的滞留时间最长, 甲状腺的滞留时间最短。

表 2 源器官 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 滞留时间(h, $n=5$)

组织器官	滞留时间
脑	$(6.20 \pm 5.82) \times 10^{-3}$
甲状腺	$(4.05 \pm 4.35) \times 10^{-5}$
肺	$(7.54 \pm 6.82) \times 10^{-3}$
心脏	$(3.88 \pm 2.66) \times 10^{-3}$
肝	$(1.73 \pm 1.44) \times 10^{-2}$
胆囊	$(0.99 \pm 1.51) \times 10^{-4}$
胃	$(1.22 \pm 1.24) \times 10^{-3}$
肾	$(3.90 \pm 3.33) \times 10^{-3}$
胰腺	$(6.91 \pm 5.76) \times 10^{-3}$
脾脏	$(1.10 \pm 1.33) \times 10^{-3}$
骨髓	$(4.56 \pm 5.09) \times 10^{-3}$
膀胱	$(3.44 \pm 2.57) \times 10^{-3}$
剩余	$(4.62 \pm 4.33) \times 10^{-2}$
全身	$(8.29 \pm 2.30) \times 10^{-2}$

每名受试者单个靶器官的辐射吸收剂量见表 3。心脏的吸收剂量最高, 为 $(7.14 \pm 3.63) \times 10^{-3}$ mGy/MBq, 其次为双肾 $[(6.02 \pm 3.53) \times 10^{-3}$ mGy/MBq]、骨髓 $[(5.30 \pm 3.13) \times 10^{-3}$ mGy/MBq]、肝 $[(4.94 \pm 2.83) \times 10^{-3}$ mGy/MBq], 甲状腺的吸收剂量较低, 为 $(1.50 \pm 0.79) \times 10^{-3}$ mGy/MBq。受试者全身吸收剂

量为 $(2.11 \pm 0.44) \times 10^{-3}$ mGy/MBq, 全身 ED 为 $(6.58 \pm 1.23) \times 10^{-3}$ mSv/MBq。每名受试者单次 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 扫描辐射吸收剂量为 555~740 MBq, ED 为 3.65~4.87 mSv。

表 3 靶器官 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 辐射吸收剂量 (mGy/MBq, $n=5$)

靶器官	吸收剂量($\times 10^{-3}$)
脑	2.31 ± 1.75
甲状腺	1.50 ± 0.79
肺	3.72 ± 2.17
心脏	7.14 ± 3.63
肝	4.94 ± 2.83
胆囊	2.55 ± 0.67
胃	2.37 ± 0.87
肾	6.02 ± 3.53
胰腺	4.11 ± 2.09
脾脏	3.44 ± 2.50
骨髓	5.30 ± 3.13
膀胱	4.10 ± 1.90
全身	2.11 ± 0.44

3 讨论

本研究基于健康志愿者全身 PET/CT 动态显像评估 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的生物分布和辐射吸收剂量, 发现心脏的吸收剂量在所有脏器中最高 $[(7.14 \pm 3.63) \times 10^{-3}$ mGy/MBq], 可能因笔者假定包括血池在内所有放射性均为心壁的摄取, 高估了心壁的实际吸收剂量。 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 通过肾脏及肝胆系统排泄, 使双肾及肝的吸收剂量较高^[11], 分别为 $(6.02 \pm 3.53) \times 10^{-3}$ mGy/MBq 和 $(4.94 \pm 2.83) \times 10^{-3}$ mGy/MBq。本研究结果显示, 受试者全身吸收剂量为 $(2.11 \pm 0.44) \times 10^{-3}$ mGy/MBq, 与 Lockwood^[3]研究报道的 0.001 5 mGy/MBq 相似。本研究发现, 尽管最后 1 次扫描膀胱有很强的放射性, 但排尿后其吸收剂量减低, 为 $(4.10 \pm 1.90) \times 10^{-3}$ mGy/MBq, 可能由于 ^{13}N 半衰期短及排尿所致。而 Lockwood^[3]研究报道, 膀胱壁在所有器官中吸收剂量最高, 为 0.05 rad/mCi, 推测原因是其忽略了尿液的影响, 且采用伽马照相机和直线扫描仪, 而非 PET/CT 显像, 此外 Lockwood^[3]的研究中对全身分布仅取某一时间点进行评估。Stabin^[4]研究报道, $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 全身 ED 为 2.0×10^{-3} mSv/MBq, 膀胱壁吸收剂量最高 $(8.1 \times 10^{-3}$ mSv/MBq), 其次为双肾 $(4.6 \times 10^{-3}$ mSv/MBq)、脑 $(4.2 \times 10^{-3}$ mSv/MBq) 及肝 $(4.0 \times 10^{-3}$ mSv/MBq)。本研究结果与 Stabin^[4]的研究不同, 可能是由受试者种族差异、检查前禁食与

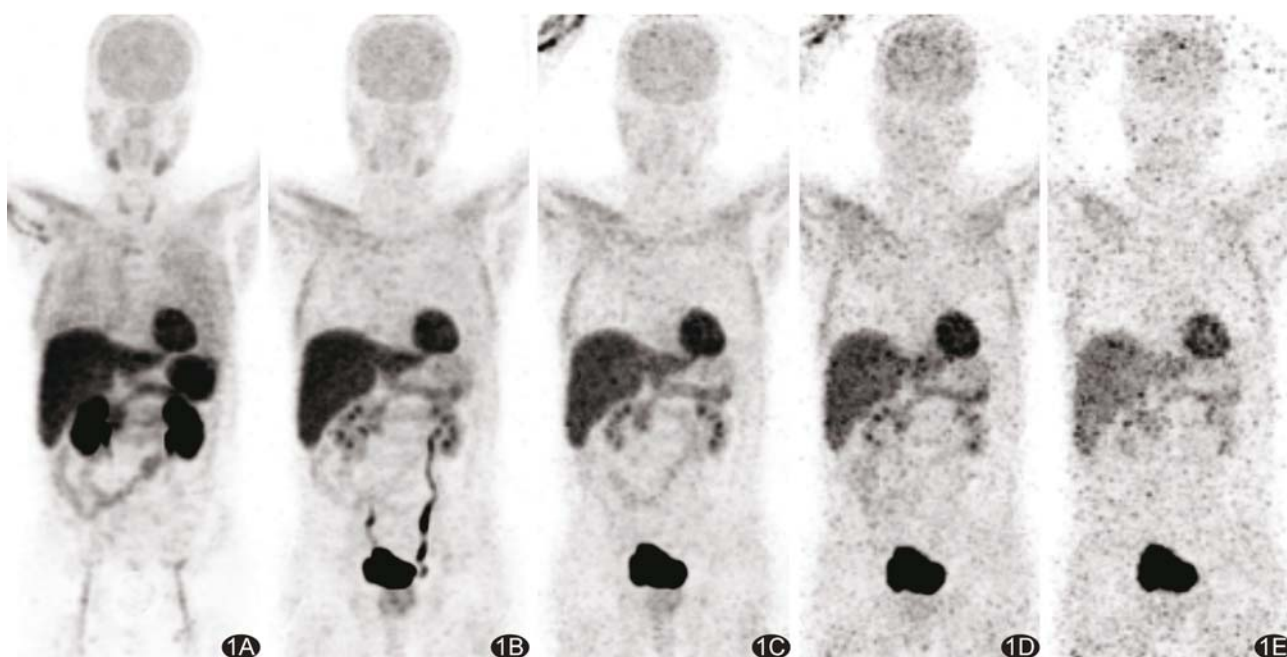


图 1 受试者男, 60 岁, 连续 5 次全身 PET 最大密度投影图, 分别于 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 注射后 0.5 (A)、12.5 (B)、25 (C)、40 (D)、55 min (E) 采集图像

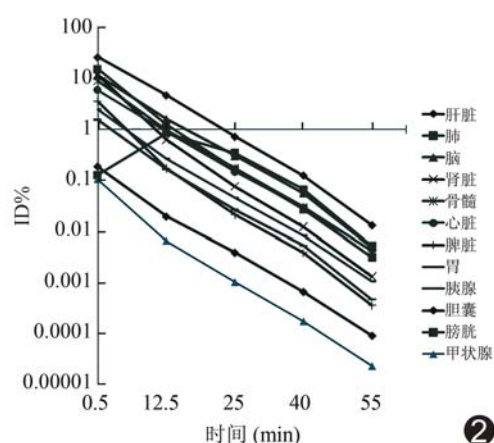


图 2 衰减校正的源器官 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ID% 随时间的变化曲线

否、辐射剂量测量方法不同(是否考虑排泄因素)、设备不同及数据采集方法不同所致。由于骨髓免疫细胞的增殖, 中轴骨 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 吸收剂量显著, 具体机制有待进一步研究。

$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 是谷氨酰胺循环的原料, 与谷氨酰胺代谢有关。生理状态下, 谷氨酰胺主要在骨骼肌、双肺及脂肪组织中合成^[12], 因此肌肉的 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 摄取高。本研究中尽管肉眼观察双肺并无高摄取, 但其滞留时间 $[(7.54 \pm 6.82) \times 10^{-3} \text{ h}]$ 较高。此外, 谷氨酰胺合成酶催化谷氨酸和氨水合成谷氨酰胺, 参与谷氨酰胺生物合成, 可能是 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 生物分布的

标志^[13]。谷氨酰胺合成酶主要存在于脑、双肾和肝脏, 在肌肉和脂肪组织中表达相对较少, 本研究提示 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的摄取与谷氨酰胺合成酶的分布基本一致。本研究发现, 注射后 12.5 min 时 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的生物分布趋于稳定, 随后 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 迅速从血管排出, 随时间缓慢聚集于心、肝、脑、膀胱。

辐射剂量指南中指出, 每项研究中健康志愿者的 ED 不得超过 10 mSv^[14], 或每项 PET 研究中特定器官的吸收剂量应限制在 50 mSv 以内^[15]。本研究的常规单次 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 扫描辐射吸收剂量为 555~740 MBq, ED 为 3.65~4.87 mSv, 符合上述标准。

本研究的主要不足为样本量小, 仅 5 名健康志愿者, 因此研究结果的偏倚较大。此外, 辐射剂量的计算采用 MATLAB 代码和电子数据表, 而非 FDA 批准的程序(OLINDA), 可能会影响到数据的质量。由于对部分受试者的扫描范围未包括生殖腺, 因此生殖腺的辐射剂量评估暂未纳入本研究。

总之, 本研究对 5 名健康受试者进行全身动态 PET/CT 成像, 以 MIRD 法分析 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 人体生物分布和辐射剂量, 发现全身 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 显像相对安全。

[参考文献]

- [1] Clark JC, Aigbirdhio FI. Chemistry of nitrogen-13 and oxygen-

- 15//Welch MJ, Redvanly CS. Handbook of radio-pharmaceuticals. Chichester: Wiley, 2003:119-140.
- [2] Shi X, Zhang X, Yi C, et al. [^{13}N] Ammonia positron emission tomographic/computed tomographic imaging targeting glutamine synthetase expression in prostate cancer. Mol Imaging, 2014, 13. doi: 10.2310/7290.2014:00048.
- [3] Lockwood AH. Positron emission tomography in the study of hepatic encephalopathy. Metab Brain Dis, 2002, 17(4):431-435.
- [4] Stabin MG. Radiopharmaceuticals for nuclear cardiology: Radiation dosimetry, uncertainties and risk. J Nucl Med, 2008, 49(9): 1555-1563.
- [5] 易畅, 张祥松, 史新冲, 等. 探讨 ^{13}N -氨水动态心肌灌注显像定量分析方法. 中国医学影像技术, 2012, 28(2):273-276.
- [6] 唐刚华, 王明芳, 唐小兰, 等. 由动物实验估算人体内 ^{13}N - $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 辐射吸收剂量. 辐射研究与辐射工艺学报, 2004, 22(2): 97-100.
- [7] Cropley VL, Fujita M, Musachio JL, et al. Whole-body biodistribution and estimation of radiation-absorbed doses of the dopamine D1 receptor radioligand ^{11}C -NNC 112 in humans. J Nucl Med, 2006, 47(1):100-104.
- [8] Seltzer MA, Jahan SA, Sparks R, et al. Radiation dose estimates in humans for C-11-acetate whole-body PET. J Nucl Med, 2004, 45(7):1233-1236.
- [9] Huang T, Wang H, Tang G, et al. Human radiation dose estimation of ^{11}C -CFT using whole-body PET. Clin Nucl Med, 2012, 37(12):1159-1162.
- [10] Tang G, Wang M, Tang X, et al. Pharmacokinetics and radiation dosimetry estimation of O-(2-[^{18}F]fluoroethyl)-L-tyrosine as oncologic PET tracer. Appl Radiat Isot, 2003, 58(2): 219-225.
- [11] Keiding S, Sørensen M, Bender D, et al. Brain metabolism of ^{13}N -ammonia during acute hepatic encephalopathy in cirrhosis measured by positron emission tomography. Hepatology, 2006, 43(1):42-50.
- [12] Cooper AJ. ^{13}N as a tracer for studying glutamate metabolism. Neurochem Int, 2011, 59(4):456-464.
- [13] Krajewski WW, Collins R, Holmberg-Schiavone L, et al. Crystal structures of mammalian glutamine synthetases illustrate substrate-induced conformational changes and provide opportunities for drug and herbicide design. J Mol Biol, 2008, 375(1): 217-228.
- [14] International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP, 2007, 37(2-4):1-332.
- [15] Food and Drug Administration. CFR-Code of Federal Regulations Title 21, part 361. [2016-06-01]. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=361&showFR=1>

《CT/MR/DSA/乳腺技师业务能力考评全真模拟与精解》出版发行

由南京军区南京总医院王骏主编的《CT/MR/DSA/乳腺技师业务能力考评全真模拟与精解》一书出版发行。该书针对全国医用设备使用人员(CT/MR/DSA/乳腺技师)业务能力考评专门编写了近 3000 道题的全真模拟及精解,根据全国统考的特点,采用标准化五选一的格式作为最佳选择题,以及选择二个答案以上的多选题。旨在通过一定量的试题自测衡量使用人员对本专业知识掌握的程度,从中找出自己的薄弱环节。在每一套试卷之后均备有答案及解析,以提供给使用人员更多的知识点。该书不仅是全国医用设备使用人员(CT/MR/DSA/乳腺技师)业务能力考评的专用书,同时也是职称考试、入院前准入制考试、三基考试及在校考生考试的必备考试类用书。

欲购此书者,敬请将 85 元(普通寄免邮费,需特快者加 20 元)寄至:南京三牌楼新门口 4 号 7 幢 402 室 王骏,邮编:210003,敬请在留言栏中注明书名和您的手机号便于联系。

