

文章编号: 1001-098X(2001)03-0115-06

成人脑显像时组织吸收剂量及对患者的防护措施

涂 或

(苏州大学放射医学系,江苏苏州 215007)

摘要: 脑显像是核医学诊断中的重要组成部分,临床诊断上应用很广,在诊断过程中,不同的疾病,不同的诊断方法,不同的试剂对患者可能产生不同的吸收剂量。为了不使患者接受不必要的辐射剂量,降低放射性核素诊断的风险,有必要采取包括阻吸收、促排、替代以及建立、健全诊断过程中前后的质量保证体系等措施来保护患者。

关键词: 成人; 脑显像; 吸收剂量

中图分类号: R817.4; X591

文献标识码: A

据联合国原子辐射效应科学委员会 1993年报告,在全世界范围内,由各种核医学诊断检查而产生的集体有效剂量为 15.6万人 \cdot Sv,每次检查的有效剂量在I类保健水平国家平均为 5.7mSv,II、III类保健水平国家仅为其 1/4。核医学诊断检查的集体有效剂量是X射线诊断检查的 1/10。脑显像是核医学诊断中的重要组成部分,1985~1990年间,I类保健水平国家脑显像的人次数达每十万人 42,其中加拿大最高,达 400,荷兰为 120,德国(原西德部分)、丹麦、新西兰依次为 110、100、100,II、III类保健水平国家脑显像的人次数仅分别为每十万人 0.6、0.7,无论哪类保健水平国家,其脑显像的平均有效剂量均为 8.7mSv,大大地高出核医学检查的平均水平^[1],因此有必要采取适当防护措施来保护患者。

1 脑显像剂与患者组织吸收剂量

1.1 $^{99}\text{Tc}^m$ 类脑显像剂

锝(Tc)是一种人工放射性元素,有 ^{99}Tc 、 ^{108}Tc 及 ^{110}Tc 等 20种同位素,有从 -I 到 +VII 的 8种价态,其中最稳定的是+VII,在溶液中以 TcO_4^- 的形式存在,另一个稳定的价态是+IV(如 $^{99}\text{Tc}^m$ -二乙三胺五乙酸)其余的价态仅在各种不同形式的络合物中才能见到。锝的同位素均有放射性,临床意义最大的是 $^{99}\text{Tc}^m$,它的物理半衰期是 6.02h,释放能量为 0.1MeV 的 γ 射线,目前广泛应用于核医学领域。

1.1.1 高锝酸盐

一般情况下,很难通过血脑屏障,但在脑部受损时则能通过血脑屏障,扩散到受损脑组织,据此提供诊断信息。由于 $^{99}\text{Tc}^m\text{O}_4^-$ 积极地参与消化腺的分泌,消化系统的吸收剂量明显偏高, $^{99}\text{Tc}^m\text{O}_4^-$ 在泌尿系统的清除速度较慢,尤其是在使用阻断剂后,迫使大部分 $^{99}\text{Tc}^m\text{O}_4^-$ 经泌尿系统清除,由此带来膀胱壁高剂量,但全身的有效剂量下降了一半以上(见表1)^[2]。

1.1.2 $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA($^{99}\text{Tc}^m$ -二乙三胺五乙酸)

与高锝酸盐相比, $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA在诊断上有着更大的优势,首先,它从血中清除的速度较快,脉络丛和腮腺中没有放射性,显像时靶/非靶比值较高,其次,较前者易于穿透血脑屏障,大脑病变组织摄取较多,因而用较少的药量就能达到同样的诊断。患者全身有效剂量下降幅度达 67.7%~83.8%。 $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA静脉注射后,几乎全部经泌尿系统排出,全身有效剂量的 61.9%来自于膀胱壁(见表1)^[3,4]。

1.1.3 $^{99}\text{Tc}^m$ -ECD($^{99}\text{Tc}^m$ -双半胱乙酯)

$^{99}\text{Tc}^m$ -ECD是以 TcO_3^{3+} 为中心离子的螯合物,具有电中性、脂溶性和分子量较小的特性,易于通过血脑屏障,一旦进入脑组织后很快在脱酯酶的作用下水解成羧酸类代谢物而失去脂溶性,因此不能逆向通过血脑屏障,于是长时间滞留于脑组织中。 $^{99}\text{Tc}^m$ -ECD穿透血脑屏障的份额约占总量的 4.6%~7.6%,原因在于它在血浆中的半衰期只有几分钟,静脉注射 1min,脑中的含量就不再增加。主要是泌尿系统,24h内由小便排除的份额占总量 70%~90%,因此,泌尿系统的吸收剂量明显偏高(见表1)^[5,6]。

收稿日期: 2000-09-254

作者简介: 涂 或(1965-),男,江西进贤人,苏州大学放射医学系放射卫生教研室副教授,硕士生导师,博士研究生,主要从事医疗照射的防护研究。

审校者: 苏州大学放射医学系 朱寿彭

表1 $^{99}\text{Tc}^m$ 类药物脑部诊断时患者的组织器官吸收剂量 (mGy)*

组织器官	高锝酸盐(普通脑显像)			$^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA		$^{99}\text{Tc}^m$ -ECD	$^{99}\text{Tc}^m$ -HMPAO
	静脉注射		口服	静脉注射+ 阻断剂	静脉注射 ^{370}MBq	鞘内注射 $18.5\sim 370\text{MBq}$	静脉注射 $740\sim 1110\text{MBq}$
	$555\sim 1110\text{MBq}$	$555\sim 1110\text{MBq}$	$555\sim 1110\text{MBq}$	普通脑显像	脑池显像(腰部注射)	脑血流灌注显像	脑功能显像
肾上腺	1.998~ 3.996	1.887~ 3.774	1.831~ 3.663	0.518	2.035~ 4.070	-	-
膀胱壁	10.545~ 21.09	7.770~ 15.540	17.760~ 35.520	24.050	3.145~ 6.290	22.200~ 33.300	18.199~ 27.298
骨表面	2.164~ 4.329	1.831~ 3.663	2.109~ 4.218	0.629	1.184~ 2.368	3.996~ 5.994	-
乳腺	1.277~ 2.553	0.999~ 1.998	1.387~ 2.775	0.348	0.120~ 0.240	-	-
脑	-	-	-	-	0.592~ 1.184	-	4.599~ 6.898
胃壁	16.095~ 32.190	27.750~ 55.500	1.776~ 3.552	0.481	0.777~ 1.554	-	-
小肠壁	9.990~ 19.980	16.650~ 33.300	2.275~ 4.551	0.962	1.498~ 2.997	7.030~ 10.545	13.599~ 23.985
上段大肠壁	34.410~ 68.820	41.070~ 82.140	2.109~ 4.218	0.814	1.147~ 2.294	9.620~ 14.430	21.999~ 32.998
下段大肠壁	12.210~ 24.420	13.320~ 36.640	2.497~ 4.995	1.554	0.481~ 0.962	11.840~ 17.760	12.999~ 19.498
肾	2.775~ 5.550	2.997~ 5.994	2.608~ 5.216	1.628	3.145~ 6.290	5.402~ 8.103	19.399~ 29.098
肝	2.164~ 4.329	2.220~ 4.440	1.720~ 3.441	0.481	0.703~ 1.406	3.996~ 5.994	8.399~ 12.598
肺	1.498~ 2.997	1.221~ 2.442	1.554~ 3.108	0.370	0.444~ 0.888	1.406~ 2.109	-
卵巢	5.550~ 11.100	6.660~ 13.320	2.608~ 5.216	1.590	0.888~ 1.776	-	8.399~ 12.598
胰腺	3.274~ 6.549	5.106~ 10.212	1.942~ 3.885	0.555	1.720~ 3.441	-	-
唾液腺	5.616~ 10.323	3.385~ 6.771	-	-	-	-	(泪腺) 51.999~ 77.985 (胆囊壁) 37.999~ 56.985
脊髓	-	-	-	-	0.851~ 1.702	-	-
红骨髓	3.385~ 6.771	3.441~ 6.882	2.497~ 4.995	0.925	5.365~ 10.730	-	-
脾	2.442~ 4.884	3.330~ 6.660	1.776~ 3.552	0.518	0.851~ 1.702	-	-
睾丸	1.498~ 2.997	1.054~ 2.109	1.776~ 3.552	1.036	0.165~ 3.293	1.628~ 2.442	1.799~ 2.698
甲状腺	12.765~ 25.530	8.325~ 16.650	1.165~ 2.331	0.292	0.241~ 0.481	2.590~ 3.885	19.999~ 29.998
子宫	4.495~ 8.991	4.828~ 9.657	3.663~ 7.326	2.923	0.833~ 1.665	-	-
其余组织	1.887~ 3.774	1.776~ 3.552	1.609~ 3.219	0.629	0.462~ 0.925	-	-
全身有效剂量	7.215~ 14.430	8.325~ 16.650	2.941~ 5.883	2.331	2.035~ 4.070	1.799~ 2.699	3.199~ 4.798

* 全身有效剂量的单位为 mSv

1.1.4 $^{99}\text{Tc}^m$ -HMPAO ($^{99}\text{Tc}^m$ -d,l-六甲基丙烯胺脂)

$^{99}\text{Tc}^m$ -HMPAO亦是以 TcO_3^- 为中心离子的螯合物,具有电中性、脂溶性和分子量较小的特性,亦易于通过血脑屏障,在脑细胞内很快失去脂溶性而滞留于脑细胞内。 $^{99}\text{Tc}^m$ -HMPAO的血浆半衰期为5min,入脑量为静脉注射总量的3.5%~7.5%,静脉注射后4.5h内很少出现再分布,因此有足够时间供普通SPECT装置行断层扫描。 $^{99}\text{Tc}^m$ -HMPAO的主要排泄途径为肝胆和泌尿系统,静脉注射后20min,即有23.6%聚集到肝脏,4.5h后有26.3%排入肠道,而进入膀胱的占19.3%。48h内有50%通过肝脏系统排出,40%经泌尿系统排出,因此肝胆和泌尿系统的吸收剂量很高^[5]。

1.2 ^{111}In 类脑显像剂

铟(In)有+I到+III等3种价态,有28种同位素,除 ^{113}In 为稳定同位素外,其余都是放射性同位素。 ^{111}In 为人工放射性核素,物理半衰期为2.83d,在衰变过程中释放出0.173、0.274、0.150MeV的 γ 射线,其中0.173MeV的 γ 射线占90.2%,这一物理特性使得它很适合于器官显像。作为脑显像剂, ^{111}In -DTPA(^{111}In -二乙三胺五乙酸)由于不易穿透血脑屏障,它在脑部诊断的应用主要通过鞘内注射对脑池显像,是最理想的脑池显像剂,基本上由泌尿系统排出,各个组织器官的吸收剂量见表2^[7]。

1.3 ^{123}I 类脑显像剂

碘(I)有 ^{115}I 、 ^{141}I 等27种同位素,除 ^{127}I 外都是放射性同位素。 ^{123}I 的物理半衰期是13.2h,释放单能0.159MeV的 γ 射线,目前常用的脑部诊断用药有 ^{123}I -IMP(^{123}I -N-异苯基-安非他明)、 ^{123}I -HIPDM(^{123}I -N,N,N-三甲基-N-(2-羟基-3-甲基-5-碘苯)-1,2,3-丙二胺)、 ^{123}I -IBZM(1-乙基-2-吡咯烷-甲基-2-羟基-3,6-甲氧基苯甲酰胺)等。

1.3.1 ^{123}I -IMP

具有亲脂性,能穿透血脑屏障,脑摄取较快,静脉注射后2min达到最大摄取量的4%,30min脑摄取量达最高峰,约为注入量的6%~9%。由于 ^{123}I -IMP参与脑内代谢,脑内清除速度较为缓慢,在静脉注射后30~60min内,脑内 ^{123}I 的量保持恒定,便于进行各项脑部核医学检查。 ^{123}I -IMP在脑、肝、肺的分布系数为0.08、0.35、0.35,其余均匀地分布于全身,因此肝、肺的吸收剂量较高(见表2)^[2]。在甲状腺被阻断的情况下,因参与代谢而缓慢释放的游离 ^{123}I 生物半排期为8h^[8,9]。

1.3.2 ^{123}I -HIPDM

^{123}I -HIPDM的体内分布与 ^{123}I -IMP基本相似,一旦进入脑组织后就会吸取一个氢离子而滞留于脑内。注射后1h脑组织摄取达最高峰,约占注射总量的4%~5%。

1.3.3 ^{123}I -IBZM

是目前常用的 SPECT多巴胺 D₂受体显像剂,它可以快速自由通过血脑屏障,进入大脑内的¹²³I-IBZM在 40min后浓集于基底节,60~ 120min时仍能见到基底节中的聚集,而大脑皮层明显降低,小脑

内几乎没有放射性¹²³I-IBZM的排泄主要经由肝胆和泌尿系统,因此肝、肺的吸收剂量较高(见表2)^[10,11]。

表 2 其余各类药物脑诊断时患者的组织器官吸收剂量 (mGy)*

组织器官	¹¹¹ In-DTPA	¹²³ I-IBP	¹²³ I-IBZM	¹³³ Xe 185MBq		²⁰¹ Tl	^{18F} -FDG
	鞘内 18.5~ 37MBq 脑池显像(腰部注射)	静注 111~ 222MBq 脑血流量测定	静注 370MBq 颅内多巴胺受体显像	脑血流量测定 5min 单次吸	反复吸	静注 111~ 222MBq 颅内肿瘤显像	静注 18.5~ 370MBq 脑功能显像
肾上腺	2.960~ 5.920	1.887~ 3.774	-	0.0185	0.1313	5.661~ 11.322	2.590~ 5.180
膀胱壁	3.700~ 7.400	3.219~ 6.438	20.979	0.0185	0.1351	3.996~ 7.992	31.450~ 62.900
骨表面	1.332~ 2.664	1.221~ 2.442	5.994	0.0222	0.1480	37.740~ 75.480	1.850~ 3.700
乳腺	0.185~ 0.370	1.332~ 2.664	-	0.0222	0.1534	3.108~ 6.216	2.035~ 4.070
脑	2.405~ 4.810	3.219~ 6.428	3.996	-	-	-	4.810~ 9.620
胃壁	0.740~ 1.480	1.332~ 2.664	-	0.0185	0.1332	13.320~ 26.640	2.220~ 4.440
小肠壁	1.110~ 2.220	0.966~ 1.932	11.988	0.0203	0.1369	17.760~ 35.520	2.405~ 4.810
上段大肠壁	0.869~ 1.738	1.110~ 2.220	27.972	0.0203	0.1369	21.090~ 42.180	2.405~ 4.810
下段大肠壁	0.444~ 0.888	0.710~ 1.420	25.012	0.0203	0.1369	39.960~ 79.920	2.960~ 5.920
肾	2.405~ 4.810	1.554~ 3.108	-	0.0185	0.1332	59.940~ 119.880	3.885~ 7.770
肝	0.666~ 1.332	12.210~ 24.420	11.988	0.0203	0.1351	19.980~ 39.960	2.220~ 4.440
肺	0.610~ 1.220	13.320~ 26.640	8.991	0.1423	0.2035	13.320~ 26.640	2.035~ 4.070
卵巢	0.721~ 1.442	0.755~ 1.510	7.992	0.0185	0.1351	13.320~ 26.640	2.775~ 5.550
胰腺	1.517~ 3.034	1.887~ 3.774	(胆囊壁)14.985	0.0203	0.1369	5.994~ 11.988	2.220~ 4.440
心脏	-	-	-	-	-	25.530~ 51.060	12.025~ 24.500
红骨髓	4.440~ 8.880	1.554~ 3.108	3.996	0.0222	0.1554	19.980~ 39.960	2.035~ 4.070
脾	0.740~ 1.480	1.221~ 2.442	21.978	0.0204	0.1351	15.540~ 31.080	2.220~ 4.440
睾丸	0.204~ 0.408	0.499~ 0.998	2.997	0.0183	0.1276	62.160~ 124.320	2.775~ 5.550
甲状腺	0.389~ 0.778	0.655~ 1.330	-	0.0183	0.1276	27.750~ 55.500	1.794~ 3.588
子宫	0.814~ 1.628	0.910~ 1.820	-	0.0204	0.1369	5.550~ 11.100	3.700~ 7.400
其余组织	0.499~ 0.998	0.988~ 1.996	-	0.0185	0.1295	6.210~ 12.420	2.035~ 4.070
全身有效剂量	2.590~ 5.180	3.552~ 7.104	3.996	0.0352	0.1480	25.530~ 51.060	4.995~ 9.990

* 全身有效剂量的单位为 mSv

1.4 ¹³³Xe

氙(Xe)有¹²⁴Xe~¹³⁶Xe等 17种同位素,其中包括¹³³Xe在内的 6种同位素具有放射性,氙气是一种脂溶性的惰性气体,易溶于生理盐水,但当和空气接触时则大部分挥发于空气中,据此可用氙气生理盐水雾化吸入或静脉注射的方式给药(后者已不常用)。氙气可以双向自由通过血脑屏障而被脑组织摄取和排除,脑内滞留时间很短

¹³³Xe的物理半衰期为 5.245d,可以释放多种能量的γ射线和 X射线,同样伴有β辐射,临床上主要应用 0.081MeV的γ射线。吸入的¹³³Xe在肺泡内交换进入动脉血,很快弥散入脑组织,又极快地被脑清除后经肺排出,肺泡内的残气可形成再次循环,¹³³Xe的有效半减期为 10~ 13s。在颅外放置两个或多个探测记录装置可记录到不同局部的脑细胞摄取和清除¹³³Xe的全过程,以此计算 CBF(脑血流量)或 rCBF(局部脑血流量);亦可用特殊的动态 SPECT拍摄¹³³Xe脑摄取与清除的系列影像,计算 CBF和

rCBE。由于¹³³Xe在体内的停留时间非常短,各组织器官的吸收剂量很低(见表2)^[12]。

1.5 ²⁰¹Tl

铊(Tl)有¹⁹⁸Tl~²⁰⁵Tl等 8种同位素,除²⁰³Tl和²⁰⁵Tl外均为放射性同位素。²⁰¹Tl的物理半衰期为 73h,以电子俘获的方式衰变,释放出 0.031~ 0.135~ 0.167MeV的γ射线(丰度 2%)和 0.069~ 0.083~ 0.167MeV X射线(丰度 98%)。²⁰¹Tl是一种迄今为止应用最广的心肌灌注显像剂,其盐离子的有效半衰期为 57h,近来发现它对脑部肿瘤有较好的亲和力,因而可用于脑部肿瘤诊断^[13]。

1.6 ¹⁸F-FDG(2-氟代-2-脱氧-D-葡萄糖)

氟(F)有¹⁷F、¹⁸F、¹⁹F 3种同位素,¹⁷F、¹⁸F均为β⁺辐射体,其中¹⁸F的寿命最长,物理半衰期为 109.8min。¹⁸F经过 97%的β⁺衰变(能量为 0.635MeV)和 3%的电子俘获变成稳定的氧-18,在组织中β⁺的射程是 4~ 5mm。氟与氢原子半径很接近,因而在生理系统的行为也相近,当化合物分子中

的非生物活性受点的氢被氟取代后,也不会影响其生物活性。由于 ^{18}F 有着比 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 长得多的物理半衰期,其 β^+ 的能量也比 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 的 β^+ 能量低得多,可以获得更为清晰的图像,因而 ^{18}F 是一种研究人体生理生化功能较为理想的核素。

^{18}F -FDG和天然葡萄糖的生物学行为基本相同,都是由同样的载体转运通过血脑屏障进入脑细胞, ^{18}F -FDG和天然葡萄糖作为底物在己糖激酶的催化下消耗ATP生成 ^{18}F -DG-6- PO_4 和G-6- PO_4 ,由于两者的空间结构不同,前者不能继续被代谢而沉积于脑细胞内。脑、心脏在平静状态下是消耗葡萄糖最多的器官,葡萄糖的代谢产物最终由泌尿系统排除,因此,脑、心脏和膀胱的吸收剂量较高^[14]。

2 对患者的保护措施

放射性核素引入机体后,便按自身的行径规律出没于机体的各个部位,因而,在显像诊断结束后,残留于机体的放射性核素就成为对患者的负担了。在考虑核医学诊断这一实践的正当性和最优化之后,还是应当兼顾患者的利益,在保证诊断质量的前提下,尽可能保护患者。

2.1 阻吸收

理想的脑显像剂应当在保证显像质量的情况下,尽可能不对或少对靶外组织贡献辐射剂量,靶外组织的受照剂量完全是脑显像的代价。要减少代价,实现脑显像这一实践的最优化,阻止或减少靶外组织对放射性标记药物的吸收是有效的方法之一。例如,在使用 ^{123}I -IMIBZ或 ^{123}I -HIPDM对脑血流量进行测定时,必须对甲状腺进行封闭(检查血流量前2d至检查后2d常规口服Lugol液),达到对甲状腺的防护作用。又如,对高得酸盐来说,由于脉络丛、甲状腺、腮腺及鼻粘膜对 $^{99}\text{Tc}^m\text{O}_4^-$ 的摄取率较高,导致这些器官的吸收剂量增大,在静脉注射前0.5~1h口服200~500mg的高氯酸钾可有效地减少它们对得离子的摄取,降低有效剂量(见表1);尽管 $^{99}\text{Tc}^m$ -ECD、 $^{99}\text{Tc}^m$ -HMPAO具有脂溶性而不会轻易地在脉络丛、甲状腺、腮腺及鼻粘膜部堆积,但随着时间的推移,次级水生复合物和 $^{99}\text{Tc}^m\text{O}_4^-$ 的含量随之增加,20min后,在上述部位就会出现 $^{99}\text{Tc}^m$ 的蓄积,因此在静脉注射前口服400mg的高氯酸钾也是降低靶外剂量的好方法^[15]。

2.2 促排

进入体内的放射性药物都要参与机体的代谢,

达到诊断目的后加速放射性核素的排出是另一种有效的降低患者的剂量的方法。 $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA几乎全部经泌尿系统排出,膀胱为此受到最大的靶外剂量,大量饮水、利尿是降低其剂量的最简单又十分有效的方法,如果静脉注射后4.8h或2h排空尿液,前者对膀胱壁、卵巢、睾丸的剂量贡献是后者的2.35~1.33~1.5倍。许多脑显像药物基本上经由泌尿系统排除,因此,都可用此法降低受照剂量^[14]。

2.3 替代

随着科学技术的发展及其在临床上的开拓利用,新的诊断方法和设备不断涌现。对脑部疾病及功能的诊断可选用X射线、同位素、磁共振等多种方法。在进行利益代价分析后,可根据临床需要和最优化原则进行选择。非放射性脑部诊断方法的临床应用是对核医学诊断方法的一种替代,也是一种促进。单纯从患者受照剂量角度讲,磁共振因清晰的诊断图像,不对患者产生任何辐射剂量的优势冲击着传统的 γ 照相、SPECT,而PET的推广应用,则又以其准确地提供机体组织代谢情况而为核医学的发展开拓了一片新的空间^[15,16]。

2.4 核医学诊断的质量保证体系

建立完整而有效的质量保证体系既可为临床提供高质量的诊断依据,又可有效地降低患者的受照剂量。截至1990年,世界上已有10个I类保健水平国家制定了有关核医学诊断与治疗的质量保证法规,另有12个国家制定了类似于法规的质量保证建议^[1]。核医学应用的质量保证计划首先是由世界卫生组织在1980年前后引入的,并且在I类保健水平国家很好地建立起来。核医学的质量保证主要包括两个方面,一是针对放射性药物,一是针对诊断设备。对放射性药物而言,其质量保证检测主要包括理化及生物学性质,理化性质有:性状、放射性纯度、放射性活度、pH值、化学量、放化纯度;生物学性质有:细菌检查、细菌内毒素测定、安全试验、体内分布试验等。在诊断设备方面,对于扫描机的质量控制包括:由60周试验记数、光电峰记数、总记数比值、级差响应等组成的每天必须进行的检验项目,由能量分辨率、灵敏度等组成的每月必须进行的检验项目,由经线性测量法、线源扫描法确定的准直器检验、闪烁探测器检验、脉冲高度分析器检验、记数率仪检验、显示处理器检验及探头扫描装置检验组成的每年必须进行的检验项目;对于 γ 照相机的质量控制包括:由固有均匀性和系统均匀性构成的均匀性,由

固有分辨率和系统分辨率构成的空间分辨率、平面源灵敏度、空间线性、计数率特性、死时间等项目;对于 SPECT的质量控制包括:均匀性、旋转中心、 γ 光子衰减的定期校正、电性能和机械的不定期调整等^[17,18]。澳大利亚曾经对 125个批号的 32种不同类型的放射性药物进行质量保证检查,发现其中 18% (即 23个批号)的药品不合格;在瑞典,对该国 91架 γ 相机中的 81架进行质量保证测试,结果有 27架成像性能不佳,同时还发现有 1/3的 SPECT的成像系统不能令人满意^[19]。由此可见,执行核医学诊断质量保证体系的重要性和必要性

参考文献:

- [1] UNSCEAR. 电离辐射源与效应——联合国原子辐射效应科学委员会 1993年向联合国大会提交的报告和科学附件 [M]. 北京:原子能出版社, 1995. 249-258.
- [2] ICRP. 国际放射防护委员会 53号出版物 放射性药物对患者产生的辐射剂量 [M]. 北京:原子能出版社, 1991. 55-58.
- [3] Isobe Y, Yamamoto Y, Nishiyama Y, et al. Markedly increased accumulation of Tc-99m DTPA in a patient with neurofibromatosis [J]. Clin Nucl Med, 1998, 23 (8): 557-559.
- [4] Suga K, Hirabayashi A, Kishimoto K, et al. Tc-99m DTPA used as reference imaging to evaluate the distribution of other tumor-seeking tracers in tumors associated with neurofibromatosis [J]. Clin Nucl Med, 1999, 24(6): 435-439.
- [5] Miyazawa N, Koizumi K, Mitsuka S, et al. Discrepancies in brain perfusion SPECT findings between Tc-99m HMPAO and Tc-99m ECD evaluation using dynamic SPECT in patients with hyperemia [J]. Clin Nucl Med, 1998, 23(10): 686-690.
- [6] Hashimoto J, Sasaki T, Itoh Y, et al. Brain SPECT imaging using three different tracers in subacute cerebral infarction [J]. Clin Nucl Med, 1998, 23 (5): 275-277.
- [7] Lauriero F, Rubini G, Addabbo F, et al. I-131 MIBG scintigraphy of neuroectodermal tumors. Comparison between I-131 MIBG and In-111 DTPA-octreotide [J]. Clin Nucl Med, 1995, 20(3): 243-249.
- [8] Flores LG, Innouchi S, Nagamachi S, et al. rCBF in neurodegenerative diseases as estimated by the autoradiographic (ARG) method and delayed I-123-IMP

- studies [J]. Ann Nucl Med, 1999, 13(5): 281-285.
- [9] Hayashida K, Fukuchi K, Hasegawa Y, et al. Viable tissue in an area of severely reduced perfusion demonstrated with I-123 iomazenil brain SPECT imaging of benzodiazepine receptors [J]. Clin Nucl Med, 1999, 24 (8): 576-578.
- [10] Dresel S, Tatsch K, Dahne I. Iodine-123-iodobenzamide SPECT assessment of dopamine D2 receptor occupancy in risperidone-treated schizophrenic patients [J]. J Nucl Med, 1998, 39(7): 1138-1142.
- [11] Dresel S, Mager T, Rossmüller B, et al. In vivo effects of olanzapine on striatal dopamine D(2)/D(3) receptor binding in schizophrenic patients: an iodine-123 iodobenzamide single-photon emission tomography study [J]. Eur J Nucl Med, 1999, 26(8): 862-868.
- [12] Facco E, Munari M, Behr AU, et al. Assessment of brain perfusion in coma and comparison between SPECT and CT scan data preliminary report [J]. Neurol Res, 1998, 20(Suppl 1): S40-S43.
- [13] Iranzo A, Martí FJ, Domingo P, et al. Absence of Thallium-201 brain uptake in progressive multifocal leukoencephalopathy in AIDS patients [J]. Acta Neurol Scand, 1999, 100(2): 102-105.
- [14] Ronin B, Marsden PK, O'Doherty M J. Are restrictions to behaviour of patients required following fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomographic studies? [J]. Eur J Nucl Med, 1999, 26(2): 121-128.
- [15] Seabold JE, Simonson TM, Weber PC, et al. Cranial osteomyelitis diagnosis and follow-up with In-111 white blood cell and Tc-99m methylene diphosphonate bone SPECT, CT, and MR imaging [J]. Radiology, 1995, 196 (3): 779-788.
- [16] Stokking R, Zuiderveld KJ, Hulshoff PHE, et al. Normal fusion for three-dimensional integrated visualization of SPECT and magnetic resonance brain images [J]. J Nucl Med, 1997, 38(4): 624-629.
- [17] Graham LS. Quality control for SPECT systems [J]. Radiographics, 1995, 15(6): 1471-1481.
- [18] Williams BS, Hinkle GH, Lamatrice RA, et al. Technical considerations for acquiring and processing Indium-111 capromab pentetide images [J]. J Nucl Med Technol, 1997, 25(3): 205-216.
- [19] Barnes A, Dai D, Montaldi D, et al. Image quality versus statistical power [J]. Nucl Med Commun, 1997, 18 (12): 1155-1160.

The absorb doses and the safeguard for grown-up brain imaging

TU Yu

(Department of Radiomedicine, Suzhou university, Jiangsu Suzhou 215007, China)

Abstract Grown-up brain imaging is one of the very important measures for diagnosing in clinic nuclear medicine. The patients will receive different absorb doses when they have different illness or diagnosed by different measures and different reagents. Obstructing absorbability, promoting excretion, substitution and perfect quality assuring system are necessary measures to reduce patient's absorb doses and risks caused by isotopes diagnoses.

Key word grown-up; brain imaging; absorb dose

文章编号: 1001-098X(2001)03-0120-03

PET 中散射的测量和校正

王明芳,高 晓

(广州第一军医大学南方医院 PET 中心, 广州 510515)

摘 要: PET利用符合探测技术除探测两个同时发生的方向相反的 511 keV 的发射湮灭光子外,由于散射辐射的存在,同样也探测到与湮灭光子能量相似的散射光子,增加了信噪比和错误事件的计数率,结果产生影像。因此,了解散射对 PET测量的影响,掌握散射及散射份数的测量和散射的校正方法,是提高影像质量及精确测定放射性药物的生物学参数的基础。

关键词: PET; 散射; 散射份数; 测量; 校正

中图分类号: R817.4 **文献标识码:** A

PET利用符合技术探测两个同时发生的方向相反的 511 keV 的发射湮灭光子,使其能进行正电子放射性药物局部分布的定量测定,获得相应的功能参数,了解放射性药物的生物化学和生物学特性。由于散射辐射的存在,影响了这些参数的精确测定^[1,2]。

在组织中,由于康普顿(Compton)作用的影响,真正探测到的仅仅是极小部分的湮灭光子。由于这种相互作用,光子将丢失一部分能量并改变方向,最终光子全部吸收或散射出探测通道。在显像中散射出现的数量和空间分布不仅依赖于放射性的真实分布和衰减媒介,也依赖于物体和探测器的几何形状、探测器隔膜之间的结构、能量辨别器的安置。

1 散射辐射

当一束光子通过物质而发生衰减时,其衰减的数量(I)为:

$$I = I_0 e^{-\mu d} \dots \dots \dots (1)$$

其中, I_0 为通过物质前的数量, d 为物质的密度, μ 为衰减系数。公式(1)表示光子通过物质后剩余了多少未衰减光子。

通常,光子衰减有三种竞争过程:①光电子吸收;②康普顿散射;③成对产生。 γ 射线被衰减后的能量范围为 10keV ~ 100MeV。在能量低于 1022keV 时,成对产生的概率为零。随着光子的能量增加,康普顿散射过程的特征发生变化,能量大于 150keV 的 γ 射线,在软组织中的相互作用主要是康普顿散射。对于一个从正电子湮灭过程中产生的 γ 光子,有非常高的能量,因此它们极少被吸收,而发生康普顿散射,散射后不在固定的轨道上飞行,而以 θ 角偏离该轨道。此时散射光子的能量为:

$$h\nu = h\nu_0 (1 - T - T \cos\theta)^{-1} \dots \dots \dots (2)$$

式中 θ 为散射角, ν 为散射光子的频率, ν_0 为散射前光子的频率, h 为普朗克常数, T 为内转换系数, $T = h\nu_0 / m_0 C^2$ ($m_0 C^2 = 511\text{keV}$)。整理方程(2),得到散射光子能量与散射角的关系表达式:

$$\frac{1}{h\nu} - \frac{1}{h\nu_0} = \frac{(1 - \cos\theta)}{m_0 C^2} \dots \dots \dots (3)$$

γ 光子经康普顿散射后在软组织中通过 Klein Nishing 效应产生“杯状凹陷(Cupping)”,图像表现

收稿日期: 2000-04-15

作者简介: ①王明芳(1963-),男,甘肃天水人,广州第一军医大学南方医院 PET中心主治医师,讲师,主要从事正电子成像、放射性药物合成。

②高 晓(1970-),男,湖南南县人,广州第一军医大学南方医院 PET中心主管技师,主要从事正电子成像研究。

审校者: 广州第一军医大学南方医院 PET中心 黄祖汉