

放射性药物内照射剂量计算软件(I)

一 源器官衰变数的计算

孙 亮 李士骏

(苏州大学核医学院 苏州 215007)

摘要 为快速、准确的计算核衰变数,本工作在简要介绍计算模式的基础上提出了一个用 VB6.0 编制的专门软件 BIKNC 1.0。验算结果表明,该软件可用于实际计算核衰变数。

关键词 核衰变数, 软件 BIKNC 1.0

中图分类号 R851

放射性药物广泛地应用于核医学检查和治疗,出于辐射防护和治疗目的,人们通常关心放射性药物在体内产生的内照射剂量。内照射剂量计算的两个要素是:各个源器官的核衰变数、源器官中一次衰变对靶器官产生的剂量即 S 值。要求得内照射剂量,必须先计算出各个源器官的核衰变数,而核衰变数与药物所标记放射性核素的性质、药物摄入途径、摄入量及其在体内的代谢规律有关。鉴于放射性药物的多样性及其代谢规律的复杂性,在实际工作中需要专门的软件来计算特定放射性药物在体内各个源器官中产生的核衰变数。

1 实验材料和方法

1.1 核衰变数的计算模式

依据标准隔室模式,ICRP 第 53 号出版物给出了一系列生物动力学模式,包括呼吸道模式、血容量和血流量模式、胃肠道模式、肾一膀胱模式、肝一胆排泄模式和脑脊髓液腔模式等。同时,还给出了常用放射性药物在体内代谢规律的生物动力学参数,这些参数包括吸收和廓清份额、生物半吸收期和生物半排期等。

与放射性药物在体内依次转移过程相关的一系列隔室称为隔室链。对于图 1 所示的单条

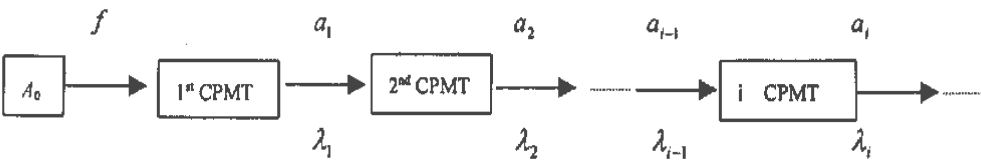


Fig.1 Transportation of radiopharmaceuticals in single chain of compartments CPMT : compartment
隔室链,若初始摄入量为 A_0 , 其转移到第 1 隔室的份额为 f ,则摄入后 t 时刻其中第 i 个隔室中放射性物质的量为

$$A_i(t) = A_0 \cdot f \cdot \prod_{n=1}^i \cdot \prod_{n=1}^{i-1} \lambda_n \cdot \sum_{n=1}^i \frac{e^{\lambda_{eff, n} \cdot t}}{\prod_{\substack{m=1 \\ m \neq n}}^i (\lambda_m - \lambda_n)}$$

(1)

式中, α_n :表示第 n 个隔室转移到第 $n + 1$ 个隔室的份额; λ_n 表示第 n 个隔室的生物廓清速率,SI 单位: s^{-1} ; $\lambda_{\text{eff},n}$:表示第 n 个隔室的有效廓清速率, $\lambda_{\text{eff},n} = \lambda_n + \lambda_p$,SI 单位: s^{-1} , 这里 λ_p 为放射性药物的物理衰变常数。

若某源器官对应若干个隔室,则可根据式(1)得到 t 时刻各个隔室放射性物质质量的数学表达式,将它们相加后对时间求积分,就可得到放射性药物在该源器官中产生的核衰变数。在大多数情况下,放射性药物在体内的转移可形成多条隔室链。这时,对于所关心的源器官应具体分析放射性药物的来源和份额,以及药物排泄的途径、份额和速率。

式(1)是推导 ICRP 第 53 号出版物中一系列生物动力学模式具体数学表达式的基础^[1-4]。

1.2 软件简介

(1) 本软件(BIKNC 1.0)用 VisualBasic 6.0 编制,运行平台为 Win 9.x/Win NT, 大小为 1.084Mb, 菜单式操作,界面友好,方便易懂。

(2) 计算流程图(见图 2)。

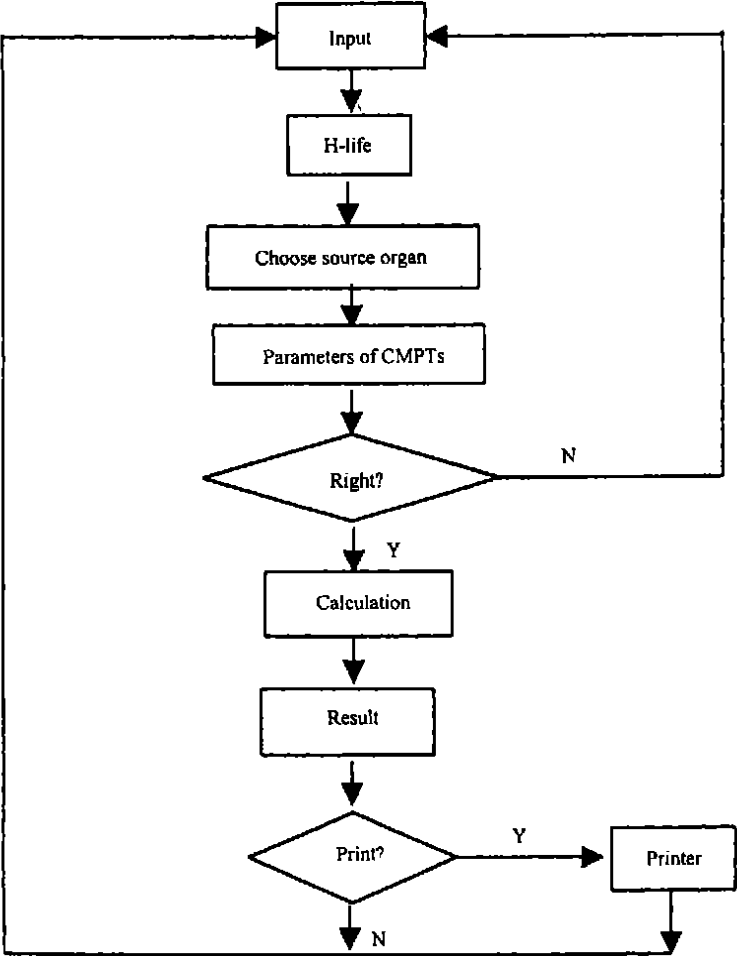


Fig-2 Flowsheeting of BIKNC 1.0

这里对图 2 进行一些说明:流程图中的“源器官选择”为多选框,既可选择一个源器官,也可同时选择多个。另外在该部分还可选择药物注入方式,如:静脉注入、脑注、腰注等;“隔室参

数”中要求输入隔室个数、各个隔室的吸收或廓清份额及速率;“打印”可将计算结果打印输出,方便今后的查阅和使用;软件运行过程中如有必要可随时退出。

1.3 计算举例

下面以 ICRP 给出的一些模式及核医学检查和治疗中常用的几种放射性药物为例来说明本软件计算的准确性。表 1 列出了这几种药物的生物动力学参数(取自 ICRP 第 53 号出版物)。

Tab.1 Biokinetic parameters of some common radiopharmaceuticals						
Radiopharmaceuticals	Soure organ	Fs	T (Absorption)	T (Excretion)	a(Absorption)	a(Excretion)
^{99m} Tc—labelled	Blood	0.30		7d		1.0
plasmin	Liver	0.25		7d		1.0
	Spleen	0.10		7d		1.0
	Remaining tissues	0.35		7d		1.0
^{99m} Tc—labelled DTPA	Total body ⁽¹⁾	1.0		1.67h		0.99
(Normal renal function)				7d		0.01
	Kidneys	1.0				
	Bladder contents	1.0				
Chromium (III)				8h		0.3
chloride	Total body	1.0		10d		0.3
				160d		0.4
	Liver	0.25	6d	160d	1.0	1.0
	Spleen	0.025	6d	160d	1.0	1.0
^{99m} Tc—Labelled	GI—tract contents	1.0				
Non—absorbable	SI	1.0				
Markers (Solid)						
	ULI	1.0				
	LLI	1.0				
Iodoantipyrine (¹²⁵ I)	Total body ⁽¹⁾	1.0		10h		1.0
	Kidneys	1.0				
	Bladder contents	1.0				
^{99m} Tc—labelled	Lungs	1.0		1.0h		1.0
aerosols (DTPA)	Kidneys	1.0				
	Bladder contents	1.0				
	Remaining tissues	1.0	1.0h	1.67h	1.0	0.99
			1.0h	7d		0.01

⁽¹⁾Excluding bladder contents

2 结果和讨论

将表 1 中各药物的生物动力学参数输入 BIKNC 1.0, 计算得到的核衰变数列于表 2, 并将该核衰变数与 ICRP 第 53 号出版物给出的核衰变数进行了比较。

Tab.2 Comparison between the results of BIKNC 1.0 and the values in ICRP Publication 53

Radiopharamceuticals	Source organ	Values of BIKNC 1.0	Values of ICRP	Relative variation
^{99m} Tc—labelled plasmin	Blood	2.52h	2.51h	0.4%
	Liver	2.10h	2.10h	0
	Spleen	50.3min	50.3min	0
	Remaining tissues	2.93h	2.93h	0
^{99m} Tc—abelled DTPA (Normal renal function)	Total body ⁽¹⁾	1.95h	1.97h	−0.1%
	Kidneys	4.4min	4.4min	0
	Bladder contents	1.51h	1.51h	0
Chromium (III) chloride	Total body	17.0d	16.9d	0.6%
	Liver	7.0d	7.0d	0
	Spleen	16.8h	16.8h	0
^{99m} Tc—labelled non—absorbable markers (solid)	GI—tract contents	1.69h	1.69h	0
	SI	2.21h	2.21h	0
	ULI	2.87h	2.87h	0
	LLI	1.41h	1.41h	0
Iodoantipyrine (¹²⁵ I)	Total body ⁽¹⁾	14.3h	14.3h	0
	Kidneys	8.8min	8.9min	−1%
	Bladder contents	1.81h	1.81h	0
^{99m} Tc—labelled aerosols (DTPA)	Lungs	1.24h	1.24h	0
	Kidneys	3.8min	3.8min	0
	Bladder contents	1.08h	1.08h	0
	Remaining contents	1.67h	1.67h	0

⁽¹⁾Excluding bladder contents

从表 2 中可以看出, 除个别值外, 本软件的计算结果和 ICRP 的给出值相差很小, 有些数值甚至完全相等。“相对误差”一栏中, 凡绝对值>0 的误差均由计算中各参数小数位的取舍不同和数字修约造成。本文曾用件对 ICRP 第 53 号出版物中涉及的所有放射性药物进行测试计算, 绝大部分结果符合得很好, 这说明本软件在模式的应用上是准确的, 在实践中是可行的。

由上述可知, 在计算放射性药物核衰变数的过程中, 生物动力学参数是不可缺少的。对于新的放射性药物, 可通过实验获得这些参数, 然后输入本软件即可。

为使用户进一步了解放射性药物在体内的转移规律, 本软件还增加了一项功能, 即图形功能。用户输入参数后, 可方便的观察放射性药物的量在所关心源器官中随时间的变化趋势。以^{99m}Tc 标记的亚氨基二乙酸衍生物为例^[1,2], 在肝胆正常的情况下, “肝”的分布份额为 0.85; 吸收隔室数为 1, 吸收份额 1.0, 生物半吸收期为 6 min; 廓清隔室数为 1, 廓清份额 1.0, 生物半减期为 45min。图 3 是 BIKNC 1.0 打印出的“肝”中的药物量与时间的关系曲线。图 3 中“T * 150min”表示时间范围为 0—150min, “时间轴”上的数值“1”表示第 150min, “0.8”表示 150×0.8 = 120min, 其余类推。纵轴上的数值表示 t 时刻 “肝”中药物的量 A(t) 与初始给药量 A₀ 的比值。据图 3 可大致了解以下信息: 给药后“肝”中的药物量 A(t) 开始有一个增加过程, 并

在时间约为“0.15”处即22.5min时达到最大值,约为初始给药量 A_0 的70%,随后一直下降,在第150min时,“肝”中的药物量已经下降到初始给药量的10%左右。容易看出,如果时间区间取无限大,那么 $A(t)/A_0$ 无限贴近时间轴(即无限接近0),这时曲线与纵轴及时间轴所围区域的面积即为单位给药量在“肝”中产生的累积活度。在BIKNC 1.0的图形功能中,可由用户输入欲观察的时间范围。若获得满意的图形,则可通过打印功能将其输出。这种直观的图形对核医学检查、治疗及防护很有意义。有了各源器官的核衰变数,再获得S值,就可算出放射性药物的内照射剂量。所以,本软件为进一步开展工作打下了良好的基础。

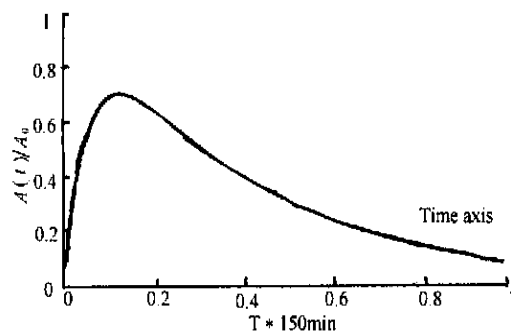


Fig.3 Curve of radioactivity versus time in liver

参 考 文 献

1 ICRP 第 53 号出版物.北京:原子能出版社,1991
ICRP Publication 53. Beijing: Atomic Energy Press, 1991
2 ICRP Publication 80. ICRP, 1998
3 李士骏. 辐射防护,2001. 21(3):146—156
LI S J. Radiat Protect, 2001, 21(3): 146—156
4 李士骏. 辐射防护, 2002, 22(1):38—43
LI S J. Radiat Protect, 2002, 22(1):38—43

DOSE CALCULATION SOFTWARE FOR INTERNAL RADIATION OF
RADIOPHARMACEUTICALS PART I—CALCULATION
OF DISINTEGRATION IN SOURCE ORGANS

SUN Liang LI Shijun
(Nuclear Medical college, Suzhou University, Suzhou 215007)

ABSTRACT It is important for internal radiation dose of radiopharmaceuticals to calculate disintegration in source organs. On the base of briefly introducing the calculation model, this paper presents specific software BIKNC 1.0 for calculating disintegration more quickly and accurately. As the experimental calculation shows, BIKNC 1.0 is fit for practice.

KEYWORDS Disintegration, BIKNC 1.0

CLC R851