

团 体 标 准

T/CSBME XXXX-XXXX

CT 辐射剂量诊断参考水平

Diagnostic reference levels of CT radiation dose

征求意见稿

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国生物医学工程学会 发布

目 次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 CT 的剂量指数准确度..... 3

5 推荐的 CT 辐射剂量诊断参考水平..... 3

6 CT 辐射剂量诊断参考水平的实践要求..... 4

7 测量设备..... 4

8 剂量指数的测量方法..... 4

附录 A （资料性附录） 6

附录 B （规范性附录） 7

前 言

本文件依据 GB/T 1.1—2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国生物医学工程学会提出。

本文件由中国生物医学工程学会知识产权与标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：中国人民解放军东部战区总医院、中日友好医院、江苏省计量科学研究院。

本文件主要起草人：卢光明、张龙江、马国林、夏勋荣、邢立腾。

CT 辐射剂量诊断参考水平

1 范围

本标准提出了临床诊断中多层螺旋CT的辐射剂量诊断参考水平。DRL不是个体接受CT检查辐射剂量的参考，而是一个大样本调查后得出的整体水平上某一区域或全国范围内的辐射剂量参考水平。

本标准适用于多层螺旋CT检查的辐射安全和质量控制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GBZ 165-2012 X射线计算机断层摄影放射防护要求

GBZ 130-2013 医用X射线诊断放射防护要求

JJG 961-2017 医用诊断螺旋计算机断层摄影装置（CT）X射线辐射源

3 术语和定义

3.1

CT 剂量指数 100 (CT dose index 100, $CTDI_{100}$)

对一个单次轴向扫描产生的沿着体层平面垂直线剂量分布从-50 毫米到+50 毫米的积分除以体层切片数 N 和标称体层切片厚度 T 的乘积。

对于 $N \cdot T$ 小于 40mm 的射束宽度：

$$CTDI_{100} = \int_{-50mm}^{+50mm} \frac{D(z)}{N \cdot T} dz \quad (\text{公式 1})$$

对于 $N \cdot T$ 大于 40mm 的射束宽度（测量过程中除限束器设置外其余所有 CT 运行条件均保持相同）：

$$CTDI_{100} = \int_{-50mm}^{+50mm} \frac{D_{ref}(z)}{(N \cdot T)_{ref}} dz \times \frac{CTDI_{free-in-air, N \cdot T}}{CTDI_{free-in-air, ref}} \quad (\text{公式 2})$$

式中：

$D(z)$ 一沿着体层平面垂直线 z 轴的剂量分布（以 $z=0$ 为中心）；

N 一X射线源在单次轴向扫描中产生的体层切片数；

T 一标称体层切片厚度；

$(N \cdot T)_{ref}$ 一选定的 $N \cdot T$ 为 20mm 或可以选择的小于 20mm 的 $N \times T$ 最大值；

- $D_{\text{ref}}(Z)$ 一射束宽度为 $(N \cdot T)_{\text{ref}}$ 的单次轴向扫描中沿垂直于体层平面的直线 z 的剂量分布；
- $\text{CTDI}_{\text{free-in-air}, N \cdot T}$ 一对于某个特定的射束宽度 $N \cdot T$ 的 $\text{CTDI}_{\text{free-in-air}}$ ；
- $\text{CTDI}_{\text{free-in-air}, \text{ref}}$ 一对于某个特定的射束宽度 $(N \cdot T)_{\text{ref}}$ 的 $\text{CTDI}_{\text{free-in-air}}$ 。

3.2

加权 CT 剂量指数 100 (Weighted CT dose index, CTDI_w)

CTDI_w 定义为：

(公式3)

式中：

- CTDI_{100} (中心) 一检测物体中心的 CTDI_{100} 测量值；
- CTDI_{100} (周边) 一检测物体周边的 CTDI_{100} 测量平均值。

3.3

容积 CT 剂量指数 (Volume CT dose index, CTDI_{vol})

轴向扫描方式下, CTDI_{vol} 定义为：

(公式4)

式中：

- N 一X射线管在某一单次旋转时产生的体层切片数；
- T 一标称体层切片厚度；
- Δd 一相邻扫描之间患者支架在 z 方向运行的距离；
- CTDI_w 一加权 CTDI_{100} 。

在螺旋扫描方式下, CTDI_{vol} 定义为：

$$\text{CTDI}_{\text{vol}} = \frac{\text{CTDI}_w}{\text{CT}_{\text{螺距因子}}} \quad (\text{公式5})$$

CT 螺距因子定义为：

$$\text{CT}_{\text{螺距因子}} = \frac{\Delta d}{N \cdot T} \quad (\text{公式6})$$

3.4

剂量-长度乘积 (dose-length product, DLP)

螺旋 CT 扫描的剂量长度乘积为容积 CT 剂量指数 (CTDI_{vol}) 与沿 z 轴的扫描长度的乘积。相同的患

者由于扫描范围不同，DLP 也会不同。

(公式 7)

3.5

辐射剂量诊断参考水平 (diagnostic reference level, DRL)

螺旋CT扫描时，在常规条件下某种特定检查程序对患者产生的辐射剂量水平。DRL包括全国DRL、地区DRL及机构DRL。全国DRL的确定基于对全国大规模受检患者的辐射剂量学调查，通常选取全国调查数据中典型的患者辐射剂量分布的第75个百分位数作为全国DRL。地区DRL则定义为某一地区受检患者辐射剂量分布的第75个百分位数。除了建立全国DRL及地区DRL，医疗机构也应根据其特定的CT检查设备及扫描部位制定相应的机构DRL，即医疗机构内CT辐射剂量分布的均数（或中位数）。以上三类参考水平均应随着CT设备的更新或CT扫描方案的优化进行必要的修订。

注：DRL的制定需要遵循以下原则：

- (1) 确定国家、地区、或机构DRL的目标，如规范扫描技术；
- (2) 根据国家、地区、或机构相应的数据确定DRL值；
- (3) DRL的测量方法应简单易行；
- (4) DRL值度量患者所接受的射线量与相应变化的危险度；
- (5) 需明确阐述用于实践中的DRL方式。

4 CT 的剂量指数准确度

4.1 螺旋 CT 扫描测量时，用轴向扫描测量加权剂量指数（CTDIW），通过容积剂量指数（CTDIvol）计算公式得到螺旋 CT 的剂量指数，即：CTDIvol

4.2 剂量指数的准确度用容积剂量指数（CTDIvol）表示，即厂家给出的螺旋 CT 容积 CT 剂量指数（CTDIvol）与实际测量值变化范围在 20%以内。

5 推荐的 CT 辐射剂量诊断参考水平

5.1 我国成人各部位 CT 辐射剂量诊断参考水平，见表 1。

表 1 我国成人各部位 CT 辐射剂量诊断参考水平

头部		颈部		胸部		腹盆腔		胸腹及盆腔连扫	
CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy·cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy·cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy·cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy·cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy·cm)
49	832	16	690	9	332	34	1965	43	2297

5.2 我国儿童各部位 CT 辐射剂量诊断参考水平，见表 2。

表 2 我国儿童各部位 CT 辐射剂量诊断参考水平

头部		胸部		腹部	
CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy • cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy • cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy • cm)
39	804	4	113	8	434

6 CT 辐射剂量诊断参考水平的实践要求

- 6.1 CT 工作人员应重视并采取相应措施保证受检者的放射防护与辐射安全。CT 受检者所受医疗照射的防护应符合 GB 16348 的规定。
- 6.2 建立机构 DRL 以优化本机构 CT 检查的辐射剂量水平；有条件者，应按患者年龄、体型、适应证、扫描设备等进一步细化 DRL。对超过 DRL 者应分析原因，及时调整以便降低辐射剂量。
- 6.3 CT 扫描设备和扫描方案不断更新，也需对相应的 DRL 进行实时更新。
- 6.4 在进行低辐射剂量 CT 研究时，应以达到辐射剂量分布的第 25 个百分位数为目标，如果辐射剂量低于该目标值，要特别考虑图像质量能否达到诊断要求。在实践中，辐射剂量的优化要同时将 DRL 和辐射剂量的第 25 个百分位数纳入考虑范围，达到辐射剂量和图像质量的最佳平衡。

7 测量设备

7.1 诊断水平剂量仪

诊断水平剂量计必须是电离室型或半导体型的剂量计，送法定计量机构校准时需要给出校准因子，年稳定性不大于 2%。

7.2 剂量测量用模体

检测用模体选用 X 射线线性衰减系数与人体组织相近的物质（一般用 PMMA）制成均质圆柱形模体。头部模体的直径为 160mm，体部模体的直径为 320 mm。模体应有能够容纳笔形电离室的孔，这些孔应平行于模体的对称轴，并且孔的中心位于其中心和以 90° 为间隔的模体表面下方 10mm 处。对于在检测时不使用的孔，需用与模体材料相同的插入件完全填充。

8 剂量指数的测量方法

8.1 标称射线宽度不大于 40mm

- 8.1.1 将头部剂量模体置于射线照射野中心，将电离室或探测器依次放置模体中通孔里，其余圆孔插入圆棒，用 CT 机头部条件进行扫描，扫描区域不应有影响线束的物质。
- 8.1.2 用 100mm 长杆电离室进行测量时，需要在轴向扫描条件下进行，通过测量 CTDI₁₀₀ 计算加权 CT 剂量指数（CTDI_w）和容积 CT 剂量指数（CTDI_{vol}）。

$$CTDI_{100(N,T) \leq 40} = \int_{-50mm}^{+50mm} \frac{D(z)}{N \cdot T} dz$$

（公式 8）

- 8.1.3 比释动能 mGy 为显示单位的诊断水平剂量计，其模体中的吸收剂量（mGy）用下式：

$$D_w = M \cdot N_k \cdot d^{-1}$$

（公式 9）

式中：

- D_w 一 模体的吸收剂量 mGy;
 M 一 剂量仪经温度、气压修正的示值, 单位为 mGy;
 N_k 一 空气比释动能刻度因子, cm;
 d 一 层厚 ($N \cdot T$), cm。

8.2 标称射线宽度大于 40mm

8.2.1 用 100mm 长杆电离室进行测量, 在满足 8.1.1 的条件下, 应采用 20mm (或者小于 20mm 并且最接近 20mm) 的射线宽度作为参考值, 如果无法直接选择 20mm 射线宽度则采用 2mm 厚铅板进行屏蔽达到目的, 通过下式来计算 $CTDI_{100}$ 。

$$CTDI_{100(N \cdot T) > 40} = CTDI_{100, ref} \times \left(\frac{CTDI_{free-in-air, N \cdot T}}{CTDI_{free-in-air, ref}} \right) \quad (\text{公式 10})$$

式中:

- $CTDI_{100, ref}$ 一 将头部模体置于射线照射野中心, 将电离室放置于模体中心圆孔里, 其余圆孔插入圆棒, 选择射线宽度为参考值扫描得到的剂量指数;
 $CTDI_{free-in-air, N \cdot T}$ 一 射线宽度为 $N \cdot T$ 扫描得到空气中的剂量指数;
 $CTDI_{free-in-air, ref}$ 一 射线宽度为参考值扫描得到空气中的剂量指数。

附 录 A
(资料性附录)

表 A1 国外成人常见部位 CT 辐射剂量诊断参考水平

国家或机构	年份	头部		颈部		胸部		腹盆腔		胸腹及盆腔连扫	
		CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP
		mGy	mGy • cm	mGy	mGy • cm	mGy	mGy • cm	mGy	mGy • cm	mGy	mGy • cm
ACR-DIR	2016	56	962	19	563	12 ^a	443 ^a	16 ^a	781 ^a	15 ^b	947 ^b
ACR-AAPM	2013	75	—	—	—	21	—	25	—	—	—
NCRP	2012	75	—	—	—	21	—	25	—	20	—
日本	2015	85	1350	—	—	15	550	20 ^a	1000 ^a	18	1300
欧盟	2014	60	1000	—	—	10	400	25	800	—	—
英国	2014	60	970	—	—	12	610	15	745	—	1000
爱尔兰	2012	58	940	—	—	9	390	12	600	13 ^b	12 ^b
澳大利亚	2015	60	1000	30	600	15	450	15	700	30	1200
加拿大	2016	79	1302	—	—	14	521	18	874	17	1269
荷兰	2013	—	935.6	—	—	—	346.5	15	700	—	—
希腊	2014	67	1055	—	—	14	480	16	760	17 ^b	1020 ^b
埃及	2017	30 ^b	1360	—	—	22	420	31	1325	43	2297

注：ACR-DIR：美国放射学会-剂量指数注册；ACR-AAPM：美国放射学会-美国医学物理学家协会；NCRP：国家辐射防护与测量委员会；埃及头部数据为头颅增强数据；荷兰腹盆腔数据为2012年数据。a：（颈部、胸部、腹盆腔以及胸腹及盆腔连扫）平扫；b：（颈部、胸部、腹盆腔以及胸腹及盆腔连扫）增强扫描；其他平扫和增强扫描结果一致。

表A2 国外儿童常见部位CT辐射剂量诊断参考水平

国家或机构		年份	头部		胸部		腹部	
			CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP
			mGy	mGy • cm	mGy	mGy • cm	mGy	mGy • cm
ACR-AAPM		2013	40	—	—	—	—	—
日本	<1岁	2015	38	500	11 (5.5)	210 (105)	11 (5.5)	220 (110)
	1~5岁		47	660	14 (7.0)	300 (150)	16 (8.0)	400 (200)
	6~10岁		60	850	15 (7.5)	410 (205)	17 (8.5)	530 (265)
欧盟		2014	—	600、900	—	—	—	—
英国	<1岁	2014	24	350	—	—	—	—
	1~5岁		40	650	—	—	—	—
	>5岁		60	860	—	—	—	—
澳大利亚	0~4岁	2015	30	470	2	60	—	—
	5~14岁		35	600	5	110	—	—

注：日本胸部和腹部的CT辐射剂量诊断参考水平采用16 cm模体测得，括号内数据为采用32 cm模体测得。

附 录 B
(规范性附录)

CTDI_{free-in-air}的计算方法

B.1 当标称射线宽度小于等于 60mm 时，采用固定支架将电离室放置于射线照射野中心，用常规成人条件扫描所得到空气中的剂量指数如下式所示。

$$CTDI_{free-in-air} = \int_{-50mm}^{+50mm} \frac{D(z)}{N \cdot T} dz = \frac{(IntD)}{N \times T}$$

(公式 B1)

B.2 当标称射线宽度大于 60mm 时，因为计算CTDI_{free in air}时，最小积分长度应为（N·T）+40mm，当标称射线宽度大于 60mm 时，则需采用积分长度不小于（N·T）+40mm 的电离室或采用 100mm 长的电离室进行多次步进测量的方式进行测量，如下图 1 所示。

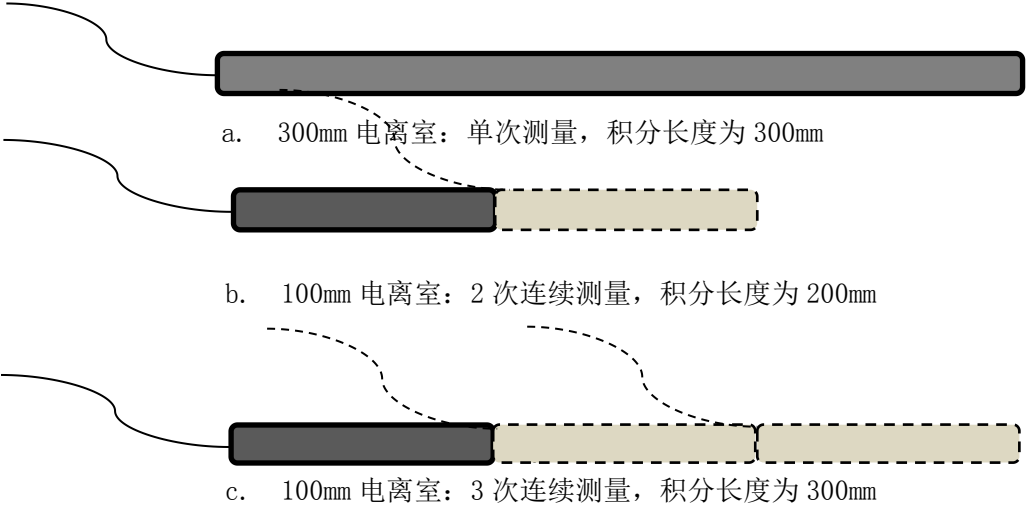


图 B.1 不同积分长度的 CTDI_{free in air}测量示意图

B.3 其测量如下式所示：

$$CTDI_{free-in-air} = \frac{1}{N \times T} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left[\int_{L_c} D_i(z) dz \right]$$

(公式 B2)

表 B.1 步进测量示意图

标称射线宽度（mm）	最小积分长度要求（mm）	步进测量次数	相对应积分长度（mm）
20	100	1	100
40	100	1	100
60	100	1	100
80	120	2	200
160	200	3	300