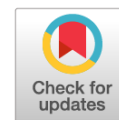


DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

# Обоснование нового подхода к критериям оценки дозы облучения пациентов при компьютерной томографии

Е.И. Маткевич<sup>1, 2</sup>, В.Е. Сеницын<sup>2, 3</sup>, И.В. Иванов<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup> Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Городская клиническая больница имени И.В. Давыдовского, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

<sup>4</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

<sup>5</sup> Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины, Санкт-Петербург, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В период резкого возрастания количества исследований с применением компьютерной томографии (КТ) повышается актуальность совершенствования методов контроля дозы облучения пациентов в целях превышения рекомендуемых уровней.

**Цель** — проанализировать зависимость эффективной дозы при компьютерной томографии различных областей тела от массы пациента и рассчитать стандартную эффективную дозу для пациентов массой 70 кг и 80 кг.

**Материалы и методы.** Проанализированы протоколы КТ-исследований — однофазных (209 пациентов) и многофазных (114 пациентов). Эффективную дозу рассчитывали в соответствии с нормализованными коэффициентами для каждой области тела (голова, грудная клетка, брюшная полость и малый таз). Значения стандартной эффективной дозы рассчитывали путём аппроксимации данных с использованием линейной функции эффективной дозы относительно массы тела для стандартного пациента массой 70 кг или 80 кг для каждого типа КТ-сканера и сканируемой области тела.

**Результаты.** Установлено, что при КТ-исследовании эффективная доза увеличивается пропорционально массе тела пациентов. Рассчитаны и сопоставлены значения средней эффективной дозы, медианной эффективной дозы, референтных диагностических уровней (мЗв) со стандартной эффективной дозой (мЗв) при однофазной и многофазной компьютерной томографии. Во всех сравниваемых группах эти показатели были несколько выше, чем стандартная эффективная доза, если критерием была масса 70 кг, и были близки к стандартной эффективной дозе, если критерием была масса 80 кг. Показана возможность использования для расчёта стандартной эффективной дозы не только данных пациентов, отобранных по стандартной массе тела, но и всего массива данных методом аппроксимации. Это может быть использовано для совершенствования руководящих принципов сравнения и стандартизации доз облучения при компьютерной томографии у пациентов по изученным областям тела.

**Заключение.** В исследовании описана методика оценки и сравнения дозы КТ-излучения на примере двух больниц и двух КТ-сканеров с учётом массы стандартного пациента. Результаты показывают, что расчёт и анализ стандартной эффективной дозы для каждой области тела вместо средней эффективной дозы, медианной эффективной дозы или 75-го квантиля эффективной дозы помогают более корректно сравнивать радиационное облучение в разных медицинских учреждениях и анализировать причины превышения региональных или национальных референтных диагностических уровней. В условиях резкого увеличения числа КТ-исследований в последнее время невыполнение при компьютерной томографии референтных диагностических уровней, рассчитанных по критерию стандартной эффективной дозы, призвано снизить отдалённые последствия в виде онкологической патологии среди населения.

**Ключевые слова:** компьютерная томография; радиационное облучение; эффективная доза, референтные диагностические уровни; масса тела; корреляционный анализ.

## Как цитировать

Маткевич Е.И., Сеницын В.Е., Иванов И.В. Обоснование нового подхода к критериям оценки дозы облучения пациентов при компьютерной томографии // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 344–361. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

# Substantiation of a new approach to the criteria for assessing the radiation dose of patients during computed tomography

Elena I. Matkevich<sup>1, 2</sup>, Valentin E. Sinitsyn<sup>2, 3</sup>, Ivan V. Ivanov<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup> State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> I.V. Davydovsky City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

<sup>5</sup> State Scientific-Research Test Institute of Military Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** In accordance with the requirements of the IAEA basic safety standards and the International Commission on Radiation Protection, comparing the radiation dose for patients undergoing computed tomography (CT) in diagnostic and treatment clinics with national or international DRLs is important for controlling medical radiation doses. The search for ways to improve DRLs calculations determines the relevance of such studies.

**AIM:** To analyze the dependence of effective doses (EDs) in CT of different body parts on patient's weight and to calculate the standard ED for the patient (70 and 80 kg).

**MATERIALS AND METHODS:** CT acquisition protocols in 209 patients were single phase (SP) CT, while 114 patients underwent multi-phase (MP) CT. ED was calculated according to the normalized coefficients for each body area. The values of standard ED was calculated by data approximation using linear function of ED relatively body weight for each type CT scanner and body area scanned.

**RESULTS:** The increase in ED following a CT examination was proportional to the body weight of patients. For SP and MP CT scans, the standard EDs were calculated according to all body areas. The mean ED, median ED, and DRLs (mSv) in these groups was slightly higher than standard ED (mSv) if the criterion was 70 kg and were close to standard ED if the criterion was 80 kg. These values give a basis for improving the guidelines concerning the recommended limits of radiation doses for CT in individual patients according to indications and body parts studied.

**CONCLUSIONS:** In the study, a methodology for assessing and comparing the dose of CT-radiation at two hospitals in the two CT scanners, considering weight of a standard patient, is described. Our results show that the calculation and analysis of the standard ED of CT-examining areas of the body instead of mean ED and median ED help to compare the radiation exposure in different medical facilities more properly. Given the recent sharp increase in the number of CT studies, not exceeding the standard ED for patients with CT will reduce the long-term consequences in the form of oncological pathology among the population.

**Keywords:** computed tomography; radiation dose; effective dose; diagnostic reference levels; body weight; correlation of data.

## To cite this article

Matkevich EI, Sinitsyn VE, Ivanov IV. Substantiation of a new approach to the criteria for assessing the radiation dose of patients during computed tomography. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):344–361. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

Received: 09.09.2022

Accepted: 28.11.2022

Published: 15.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

# 在计算机断层扫描中估计病人剂量的标准的新方法的论证

Elena I. Matkevich<sup>1,2</sup>, Valentin E. Sinitsyn<sup>2,3</sup>, Ivan V. Ivanov<sup>4,5</sup><sup>1</sup> State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation<sup>2</sup> I.V. Davydovsky City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation<sup>4</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation<sup>5</sup> State Scientific-Research Test Institute of Military Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation

## 结构化简评

**论证。**在计算机断层扫描（CT）检查数量急剧增加的时候，改进监测病人剂量的方法越来越迫切，不要超过推荐水平。

**目的是**分析身体各部分CT的有效剂量（ED）对病人体重的依赖性，并计算体重70公斤和80公斤的病人的标准ED。

**方法。**我们分析了CT检查的协议——单期相（SP）（209名患者）和多期相（MP）（114名患者）。ED是根据身体各部分（头部、胸部、腹部和骨盆）的归一化系数计算的。对于每一种CT扫描仪和扫描的身体面积，使用线性ED函数与体重的关系来计算标准的ED值，标准的ED值是通过近似的数据，对于体重70公斤或80公斤的标准病人。

**结果。**在CT扫描中发现，ED的增加与病人体重成正比。计算了平均ED、中位ED、DRLs（mSv），并与SP和MP CT的标准ED值（mSv）进行了比较。在所有比较组中，如果标准是体重70公斤，这些指标略高于标准ED，如果标准是体重80公斤，这些指标接近标准ED。同时表现了，不仅可以按标准体重取样的病人的数据，而且可以通过近似法使用整个数据集来计算标准ED。按所研究的身体部分，这可以用于改进比较导则和使患者的CT辐射剂量标准化。

**结论。**该研究描述了一种评估和比较CT辐射剂量的方法，以两家医院和两台CT扫描仪为例，考虑到一个标准病人的体重。结果显示，不是平均ED、中位ED或75分位ED，而是计算和分析每个身体部分的标准ED，有助于更正确地比较不同医疗机构的辐射量，分析超过区域或国家的参考诊断水平（DRLs）的原因。随着最近CT检查数量的急剧增加，为了减少人口中癌症病理形式的长期后果，应该不超过CT中使用标准ED标准计算的DRLs。

**关键词：**CT扫描；射线照射；有效剂量；参考诊断水平；身体质量；相关性分析。

## To cite this article

Matkevich EI, Sinitsyn VE, Ivanov IV. 在计算机断层扫描中估计病人剂量的标准的新方法的论证. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):344-361. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

收到: 09.09.2022

接受: 28.11.2022

发布日期: 15.12.2022

## 略语表

CT (Computed tomography scan) —— 计算机断层摄影  
 AO (Abdominal organs) —— 腹部器官  
 AO+PO (Abdominal organs + pelvic organs) —— 腹部器官和盆腔内器  
 CO (Chest organs) —— 胸部器官  
 PO (Pelvic organs) —— 盆腔内脏器  
 ED (Effective dose) —— 有效剂量 (mSv)  
 CTDIvol (Computed tomography dose index) —— 容积CT剂量指数 —— 衡量单片断层扫描的辐射吸收剂量 (mGy)

DLP (dose length product —— 剂量长度乘积) —— 吸收剂量 (mGy) 与扫描区域长度 (cm) 的乘积。  
 DRLs (diagnostic reference levels) —— 诊断参考水平  
 ICRP (International Commission on Radiological Protection) —— 国际放射防护委员会  
 SSDE (size-specific dose estimate) —— 尺寸特异性剂量估计 (mGy)

## 论证

近年来, 无论是在世界范围内还是在俄罗斯, 计算机断层扫描 (CT) 对人口的剂量都有增加的趋势。2020年, 俄罗斯人均医疗照射年均有效剂量急剧增加 (增加30%) (2019年为0.6 mSv, 2020年为0.81 mSv) [1], 而CT在集体剂量中的贡献来自医疗照射的研究从2010年的22.1%增加到2020年的73.5%, 目前在其他类型的X射线和放射学研究中排名第一。从长远来看, 在诊断COVID-19、肺癌和乳腺癌影响的筛查性CT扫描以及确定病理过程动态的重复性CT扫描 (包括使用不透射线造影剂的CT扫描) 中, 患者的总辐射剂量应该会增加。

符合国际原子能机构 (International Atomic Energy Agency, IAEA) [2] 和国际放射防护委员会 (International Commission on Radiological Protection, ICRP) [3-7] 的基本安全标准要求, 为了控制医疗剂量, 格外重要进行在诊断和治疗诊所接受CT扫描的患者的辐射剂量与国家或国际诊断参考水平 (Diagnostic reference levels, DRLs) 的比较。寻找改进DRLs计算的方法决定了此类研究的相关性。

**研究目的** 是分析身体各部分CT的有效剂量 (ED) 对病人体重的依赖性, 并计算体重70公斤和80公斤的病人的标准ED。

## 材料与方 法

### 研究设计

在头部、胸部器官 (CO)、腹部器官 (AO) 和盆腔内脏器 (PO) 单期相和多期相CT检查的患者CT检查电子数据库资料的基础上进行回顾性研究。

### 遵从准则

**纳入标准:** 年龄在17至95岁之间, 经主治医师转诊接受CT诊断性扫描的患者。

**排除标准:** 体重数据缺失的患者。

### 执行条件

该研究涵盖了两个多学科医疗机构的患者, 即俄罗斯卫生部医疗康复中心 (以下简称1号医院) 和莫斯科市卫生局I. V. Davydovsky市立临床医院 (以下简称2号医院), 采用标准方案对这些身体区域进行CT扫描。

### 研究持续时间

分析了2015-2018年CT检查期间患者辐射暴露的电子档案数据。

### 医疗干预说明

根据标准扫描协议 [8], 在两台CT扫描仪 (1号医院——GE Discovery CT750 HD, 64层, GE Healthcare, 美国; 2号医院——Toshiba Aquilion Prime, 80层, 东芝, 日本) 上进行CT研究: 管上电压为100或120kV, 自动电流调制, 切割厚度为0.5; 0.625; 1.25和1.5毫米。CT协议的主要参数如表1所示。在这项研究中, 所有的CT扫描都对身体的相应区域使用了相同类型的降噪算法。

从每位患者的CT报告中, 确定辐射暴露的参数值被输入数据库: CTDIvol (容积CT剂量指数, mGy) 和DLP (整个CT扫描的吸收剂量, mGy×厘米)。使用公式评估患者的个体ED [5]:

$$ED (mSv) = K_{ED, DLP} \times DLP, (1)$$

其中ED为有效剂量; K为系数; DLP (剂量长度乘积) 是吸收剂量 (mGy) 和扫描区域长度 (cm) 的乘积。

在计算中, 我们使用了 $K_{ED, DLP}$ 转换系数 (mSv×mGy<sup>-1</sup>×cm<sup>-1</sup>) [4]: 头部——0.0023, CO——0.017, AO——0.015, PO——0.019。

### 本研究的主要结果

本研究调查了患者通过身体各个部位的CT获得的ED对患者体重的依赖性以及体重70公斤和80公

表1. 单期相和多期相CT检查患者的一般特征和协议参数

指标	检查区域	单期相CT		多期相CT	
		1号医院	2号医院	1号医院	2号医院
患者的一般特征					
患者总数, <i>n</i>	头部	18	32	14	8
	胸部	25	38	11	27
	腹部器官+盆腔内脏器	75	21	30	24
	合计	118	91	55	59
男女比例	头部	8/10	9/23	6/8	5/3
	胸部	9/16	17/21	6/5	15/12
	腹部器官+盆腔内脏器	33/42	10/11	12/18	7/17
	合计	50/68	36/55	24/31	27/32
年龄, $M \pm m$ , 年	头部	52.1 ± 3.2	66.3 ± 2.5	52.5 ± 3.0	56.8 ± 7.2
	胸部	57.6 ± 2.7	51.9 ± 3.0	58.6 ± 4.7	62.7 ± 3.2
	腹部器官+盆腔内脏器	57.5 ± 5.3	65.3 ± 4.8	57.6 ± 2.5	55.5 ± 3.5
体重, $M \pm m$ , 公斤	头部	79.8 ± 3.2	77.0 ± 2.0	81.2 ± 3.8	86.6 ± 3.5
	胸部	76.1 ± 4.0	76.3 ± 2.3	75.5 ± 5.0	91.6 ± 3.2
	腹部器官+盆腔内脏器	75.5 ± 2.0	83.1 ± 3.5	79.7 ± 2.9	80.7 ± 2.7
协议的基本参数					
准直度, 毫米	头部, 胸部, 腹部器官, 盆腔内脏器	64 × 0, 6	80 × 0, 5	64 × 0, 6	80 × 0, 5
管电流调制	头部, 胸部, 腹部器官, 盆腔内脏器	自动	自动	自动	自动
管电压, kW*	头部	120	120	120	120
	胸部	120	120	100; 120	120
	腹部器官+盆腔内脏器	120	120	100; 120	120
间距	头部	0.531	0.625	0.531	0.625
	胸部	1.375	1.388	0.984; 1.375	1.388
	腹部器官+盆腔内脏器	1.375	0.813	0.984; 1.375	0.813
旋转时间, 秒	头部	0.8	0.5; 0.75	0.8	0.5; 0.75
	胸部	0.6; 0.7	0.5	0.6; 0.7	0.5
	腹部器官+盆腔内脏器	0.7	0.5	0.7	0.5
切片厚度, 毫米	头部	1.25	0.5	1.25	0.5
	胸部	1.25	0.5	0.625; 1.25	0.5
	腹部器官+盆腔内脏器	1.25	0.5	0.625; 1.25	0.5

注: \*在进行的的研究中没有使用低剂量协议和特殊的降噪算法; 使用了滤波反投影 (Filtered BackProjection, FBP) 的技术。CT——计算机断层摄影。

斤的“标准患者”的标准ED的计算。作为比较方法, 我们在同一组患者中使用了平均ED、中位ED和75%的ED分位数的评估。

## 额外的研究结果

对各组患者的体重分布进行了评估, 并对我们人群中患者平均体重的动态进行了分析。

## 亚组分析

在该研究中, 分为2组患者并进行比较: 在1号医院检查的患者 (GE Discovery CT750 HD CT扫描仪, 64层) 和在2号医院检查的患者 (Toshiba Aquilion Prime CT扫描仪, 80层)。根据CT检查的区域 (头部、CO、AO、PO), 每组被分为3个亚组。在3

个亚组中的每一组，分别分析了单期相和多期相CT扫描的剂量。

## 伦理审查

由于对去标识化数据集的研究采用回顾性设计，因此不需要伦理委员会的意见。

## 统计分析

患者组的规模是由研究期间的患者数量决定的，在CT扫描期间，不仅记录了辐射剂量，还记录了其身体重量。根据欧洲CT质量标准指南[4]，选择图像质量好的CT研究进行分析。因此，良好的图像质量被定义为“视觉上清晰地再现了器官、组织等的结构、它们之间的界限以及形成和病灶”。

我们专门测量了每位患者的体重，精度为 $\pm 3$ 公斤，计算各组体重的平均值( $M \pm m$ , kg)。1号医院和2号医院之间每个CT扫描区域的记录值的平均值的差异用学生T检验评估( $P \leq 0.05$ )。为了确定辐射剂量对患者体重的依赖性，使用STATISTICA软件(v. 10.0)进行了相关回归分析。

在我们的研究中，1号医院和2号医院患者的个体ED(毫西弗, mSv)通过公式(1)确定，然后计算平均有效剂量(平均ED, mSv)作为算术平均值( $M$ )和标准偏差( $\pm m$ )；使用Microsoft Excel 2013软件包对每个扫描区域的ED(mSv)( $Me_{[25th, 75th]}$ )和DRL(mSv;  $ED_{75th}$ )的中位数、第25和第75的ED分位数。

在计算标准ED时，我们从位置[4, 7, 9, 10]开始，这是体重 $70 \pm 3$ 公斤的成年男女患者的平均ED。当以典型的X光机操作模式执行选定的X光诊断程序时，标准 $ED_{70公斤}$ (mSv)和标准 $ED_{80公斤}$ (mSv)通过近似计算三个扫描区域(头部、CO、AO+PO)中每个区域的数据来自体重的ED线性函数，同时使用回归方程：

$$ED(mSv) = a + b \times M(\text{公斤}), \quad (2)$$

其中ED为患者接受的有效剂量(mSv)； $a$ 、 $b$ 为回归方程的系数； $M$ 为患者的体重(公斤)。

这些方程的系数“ $a$ ”和“ $b$ ”是使用STATISTICA软件为1号医院和2号医院的每个扫描区域(头部、CO、AO+PO)获得的，用于单期相和多期相CT扫描。然后通过求解 $M=70$ 公斤和 $M=80$ 公斤的公式(2)，计算出标准 $ED_{70公斤}$ (标准70公斤患者的ED)和标准 $ED_{80公斤}$ (标准80公斤患者的ED)的值。

## 结果

### 研究对象(参与者)

对于统计分析，使用了323项计算机断层扫描研究的结果(137名男性和186名女性，年龄在17至93岁之间)。CT是根据标准方案进行的。共分析了209个单期相CT和114个多期相CT。

从表1可以看出，形成的患者组在年龄、性别构成和体重方面基本具有可比性，体重在42~129公斤之间。

## 研究的主要结果

在研究的第一阶段，确定了头部、CO、AO和PO的单期相和多期相CT扫描的平均剂量值(单次CT检查的CTDIvol、DLP和ED)(表2)。在患者的一次单期相CT检查中，头部的平均ED为1.8-2.0 mSv，CO为2.4-5.3 mSv，AO+PO为7.5-8.2 mSv，一次多期相CT检查中分别为2.4-4.6, 7.9-8.4和27.4-33.0 mSv。

可以看出(见表1)，除了AO+PO的单期相CT检查的组(分别为 $75.5 \pm 2.0$ 和 $83.1 \pm 3.5$ 公斤)及CO的多期相CT检查的组(分别为 $75.5 \pm 5.0$ 和 $91.6 \pm 3.2$ 公斤)以外，1号医院和2号医院比较组的平均体重无显著很大的差异)。

在研究的第二阶段，相关分析使得查明了ED对患者体重的依赖性：CO的单期相和多期相的CT检查的相关系数分别为0.66-0.70和0.59-0.68；AO+PO的单期相和多期相的CT检查的相关系数分别为0.37和0.59；头部的单期相和多期相的CT检查的相关系数极低，分别为0.05-0.09和0.11-0.18。

在第三阶段，计算了中位ED( $Me_{[25th, 75th]}$ )和DRLs( $ED_{75th}$ )；表3。在单期相和多期相CT扫描中，利用对体重的剂量回归函数，计算出每个扫描区域中体重为70公斤和80公斤患者的标准ED(图1, 2)。

我们将平均ED、中位ED和DRLs( $ED_{75th}$ )与这些组的标准ED进行了比较(见表3)。可以看出，平均ED、中位ED和DRLs( $ED_{75th}$ )与头部的标准ED无显著本质上的差别。这些值不取决于患者的体重，1号医院为1.7-1.9 mSv，2号医院为2.1-2.2 mSv。

对于身体的其他部位，患者的体重在评估ED方面很重要。当患者的平均体重相似时(例如，对于CO的期单相CT扫描，1号医院为 $76.1 \pm 4.0$ 公斤，2号医院为 $76.3 \pm 2.3$ 公斤)，则平均ED、中位ED、DRLs( $ED_{75th}$ )和标准ED的差别是单向的：1号医院的所有ED值比2号医院的高1.2-2.2倍。

在AO+PO的单期相的CT检查的组中，2号医院的患者平均体重(83.1公斤)高于1号医院的(75.5公斤)，因此，2号医院的平均ED( $8.2 \pm 0.7$  mSv)略高于1号医院的平均ED( $7.5 \pm 1.1$  mSv)，2号医院的DRLs( $ED_{75th}$ )(10.8 mSv)也高于1号医院的(8.4 mSv)。同时，2号医院计算的标准 $ED_{70公斤}$ (5.89 mSv)小于1号医院的(7.19 mSv)。

在CO的多期相的CT检查的组中，2号医院的患者平均体重(91.6公斤)高于1号医院的(75.5公斤)，因此，2号医院的平均ED( $8.4 \pm 0.7$  mSv)略高于1号医院的平均ED( $7.9 \pm 1.7$  mSv)。2号医院的DRLs( $ED_{75th}$ )(11.0 mSv)略高于1号医

**表2.** 1号医院和2号医院的头部、胸部、腹部及盆腔内脏器的单期相和多期相CT检查的辐射剂量

指标	检查区域	单期相CT		多期相CT	
		1号医院	2号医院	1号医院	2号医院
患者一次CT检查中的ED, M ± m, mSv	头部	1.8 ± 0.1	2.0 ± 0.03	2.4 ± 0.3	4.6 ± 0.3*
	胸部	5.3 ± 0.5	2.4 ± 0.2*	7.9 ± 1.7	8.4 ± 0.7
	腹部器官+盆腔内脏器	7.5 ± 1.1	8.2 ± 0.7	33.0 ± 1.8	27.4 ± 2.4
DLP, M ± m, mGy × cm	头部	771.9 ± 38.8	899.2 ± 10.8	1033.3 ± 109.8	1988.7 ± 131.1*
	胸部	309.1 ± 30.6	141.9 ± 10.6*	466.9 ± 97.6	494.3 ± 48.4
	腹部器官+盆腔内脏器	449.0 ± 67.3	491.1 ± 51.9	1964.1 ± 108.2	1623.7 ± 144.4
CTDIvol, M ± m, mGy	头部	40.1 ± 1.4	51.5 ± 1.0*	-	-
	胸部	8.3 ± 0.9	3.8 ± 0.3*	-	-
	腹部器官+盆腔内脏器	9.4 ± 1.5	13.7 ± 1.1*	-	-
患者一次CT检查的相数, M ± m	头部	1	1	2.1 ± 0.1	2.5 ± 0.2
	胸部	1	1	1.4 ± 0.2	2.0 ± 0
	腹部器官+盆腔内脏器	1	1	3.8 ± 0.1	3.8 ± 0.1

**注:** \*1号医院和2号医院之间给定CT扫描区域的平均值差异 ( $p \leq 0.05$ )。ED——有效剂量; CT——计算机断层摄影。

院的 (10.0 mSv)。同时, 2号医院计算的标准ED<sub>70公斤</sub> (5.28 mSv) 小于1号医院的 (6.55 mSv)。

可见, DRLs指数 (ED<sub>75th</sub>) 不仅受体重影响, 还受个体患者辐射剂量异常值的影响。因此, 在A0+P0的单期相和多期相的CT检查的组中, 1号医院和2号医院患者的平均体重相似 (分别为79.7 ± 2.9和80.7 ± 2.7公斤), 但1号医院的5名患者的ED值异常超过45 mSv (见图2, e), 因此2号医院中的第75个ED分位数或DRLs (ED<sub>75th</sub>) (40.1 mSv) 高于1号医院

的 (35.7 mSv)。同时, 1号和2号医院的标准ED<sub>70公斤</sub> 分别为29.99和21.63 mSv。

### 研究的其他结果

获得的数据可以确定比较组中患者的平均体重接近80公斤 (见表1), 这与几乎所有组中体重约80公斤的患者的最大数量相关。因此, 这些患者样本中的平均ED和DRLs (ED<sub>75th</sub>) 总是超过标准ED<sub>70公斤</sub> 的值, 并且更接近标准ED<sub>80公斤</sub> (见表3)。因此, 我们认为在我们的人群中, 采用

**表3.** 头部、胸部、腹部脏器和盆腔内脏器单期相和多期相CT检查的有效剂量 (mSv)

检查区域	平均ED		中位ED (Me [25th, 75th])		DRLs (ED <sub>75th</sub> )		标准ED <sub>70公斤</sub> *		标准ED <sub>80公斤</sub> **	
	1号医院	2号医院	1号医院	2号医院	1号医院	2号医院	1号医院	2号医院	1号医院	2号医院
单期相协议 (SP-CT)										
头部	1.8 ± 0.1	2.1 ± 0.03	1.7 [1.5; 1.9]	2.1 [2.0; 2.2]	1.9	2.2	1.72	2.06	1.78	2.07
胸部	5.3 ± 0.4	2.4 ± 0.2	4.9 [2.9; 7.6]	1.9 [1.8; 2.4]	7.6	2.4	4.53	2.09	5.71	2.60
腹部器官+盆腔内脏器	7.5 ± 1.1	<b>8.2 ± 0.7</b>	<b>6.5 [5.8; 8.4]</b>	<b>10.3 [4.4; 10.8]</b>	<b>8.4</b>	<b>10.8</b>	<b>7.19</b>	<b>5.89</b>	7.83	7.63
多期相协议 (MP-CT)										
头部	2.4 ± 0.3	4.6 ± 0.3	2.2 [2.0; 2.3]	4.6 [4.0; 5.4]	2.3	5.4	1.94	3.61	2.33	3.77
胸部	<b>7.9 ± 1.7</b>	<b>8.4 ± 0.7</b>	<b>6.2 [4.4; 10.0]</b>	<b>8.9 [5.5; 11.0]</b>	<b>10.0</b>	<b>11.0</b>	<b>6.55</b>	<b>5.28</b>	9.09	6.74
腹部器官+盆腔内脏器	33.0 ± 1.8	27.4 ± 2.4	31.4 [27.1; 35.7]	26.6 [17.9; 40.1]	<b>35.7</b>	<b>40.1</b>	<b>29.99</b>	<b>21.63</b>	33.11	26.91

**注:** \*标准ED<sub>70公斤</sub> (标准体重为70公斤的标准病人的ED) 用回归方程计算: ED<sub>70公斤</sub> (mSv) = a + b × M (kg), M = 70公斤; a和b系数来自图3中a-f (单期相CT) 和图4中a-f (多期相CT) 的方程式。\*\*标准ED<sub>80公斤</sub> (标准体重为80公斤的标准病人的ED) 用回归方程计算: ED<sub>80公斤</sub> (mSv) = a + b × M (kg), M = 80公斤; a和b系数来自图3中a-f (单期相CT) 和图4中a-f (多期相CT) 的方程式。1号医院和2号医院之间平均ED、中位数和DRL的差异以粗体突出显示, 与这些医院之间标准ED70公斤的差异方向相反。ED——有效剂量; CT——计算机断层摄影。

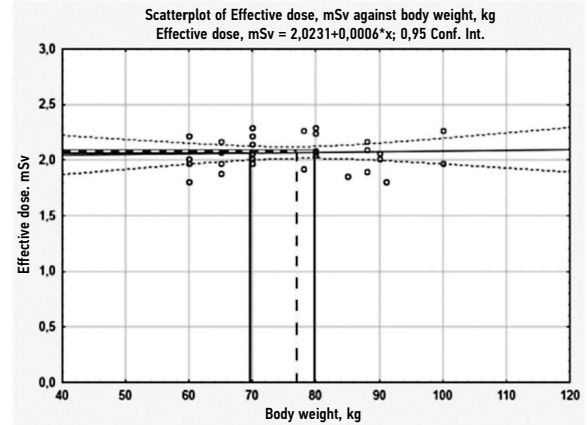
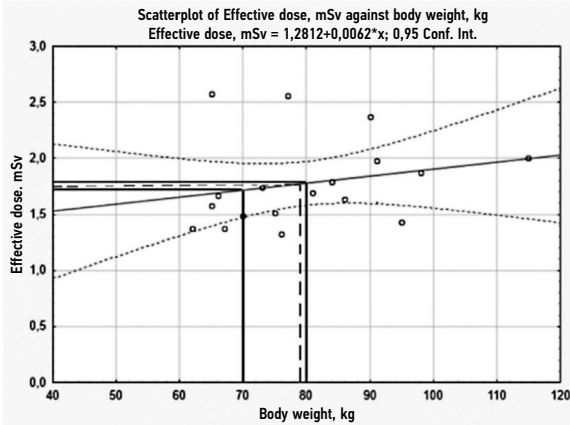
1号医院 (GE Discovery CT750)

2号医院 (Toshiba Aquilion Prime)

头部

a)  $n=18$ ,  $M \pm m = 79, 8 \pm 3, 2$ 公斤

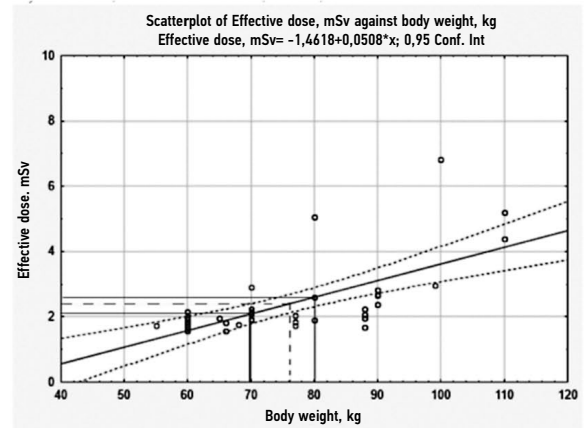
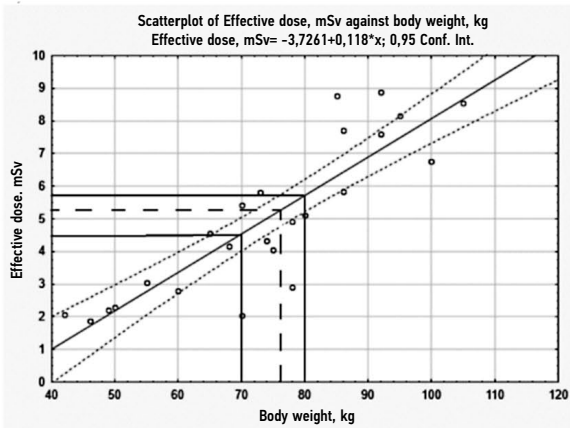
b)  $n=32$ ,  $M \pm m = 77, 0 \pm 2, 0$ 公斤



胸部

c)  $n=25$ ,  $M \pm m = 76, 1 \pm 4, 0$ 公斤

d)  $n=38$ ,  $M \pm m = 76, 3 \pm 2, 3$ 公斤



腹部器官+盆腔内脏器

e)  $n=75$ ,  $M \pm m = 75, 5 \pm 5, 5$ 公斤

f)  $n=21$ ,  $M \pm m = 83, 10 \pm 3, 5$ 公斤

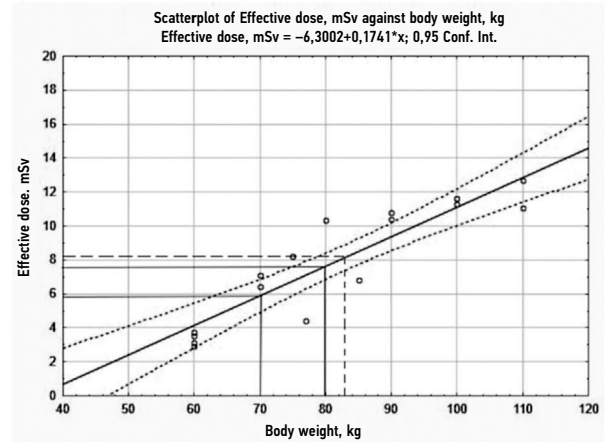
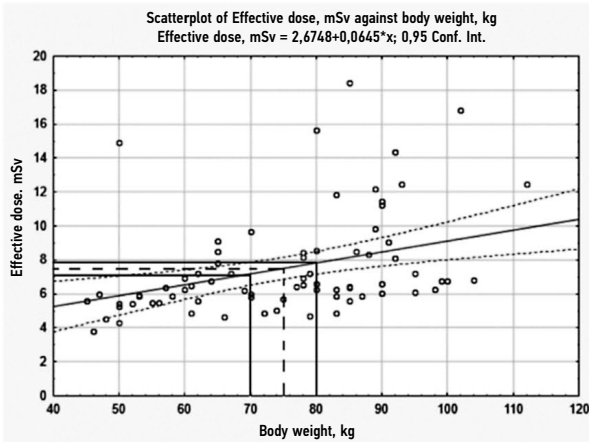


图1. 在头部、胸部、腹部器官+盆腔内脏器官单期相计算机断层扫描中有效剂量对患者体重依赖性的回归分析结果。Y轴——有效剂量, mSv; X轴——患者体重, 公斤。

符号: 实线——回归图线, 点线表示回归图线的置信区间,  $p=0.95$ , 垂直于轴的实线——标准ED<sub>70公斤</sub>和标准ED<sub>80公斤</sub> (mSv), 针对体重为70/80公斤的患者, 虚线表示对应于该组患者平均体重的平均ED (mSv)。ED——有效剂量; CT——计算机断层摄影。



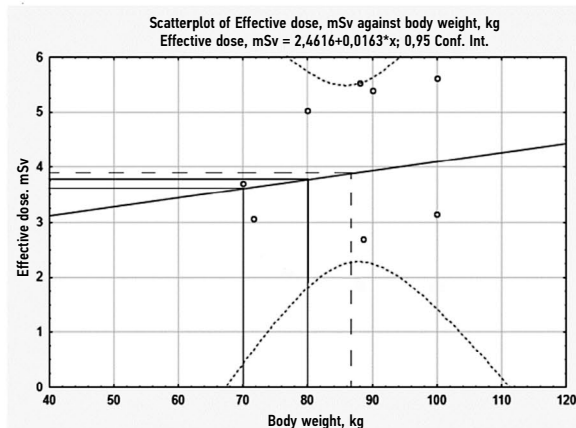
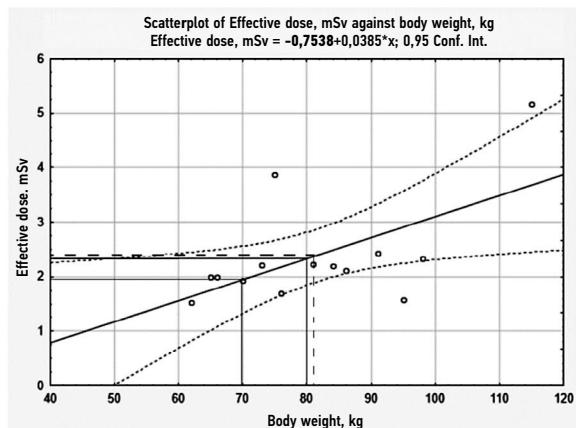
1号医院 (GE Discovery CT750)

2号医院 (Toshiba Aquilion Prime)

头部

a)  $n=14, M \pm m = 81, 2 \pm 3, 8$ 公斤

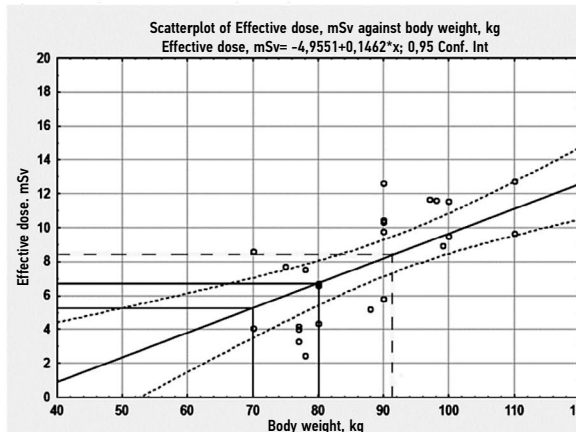
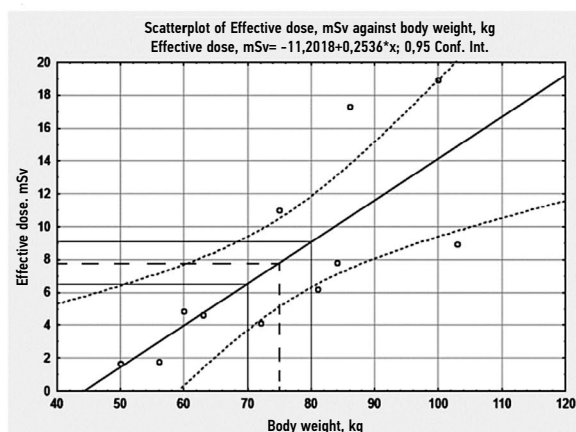
b)  $n=8, M \pm m = 86, 6 \pm 3, 5$ 公斤



胸部

c)  $n=11, M \pm m = 75, 5 \pm 5, 0$ 公斤

d)  $n=27, M \pm m = 91, 6 \pm 3, 6$ 公斤



腹部器官+盆腔内脏器

e)  $n=30, M \pm m = 79, 7 \pm 2, 9$ 公斤

f)  $n=24, M \pm m = 80, 7 \pm 2, 7$ 公斤

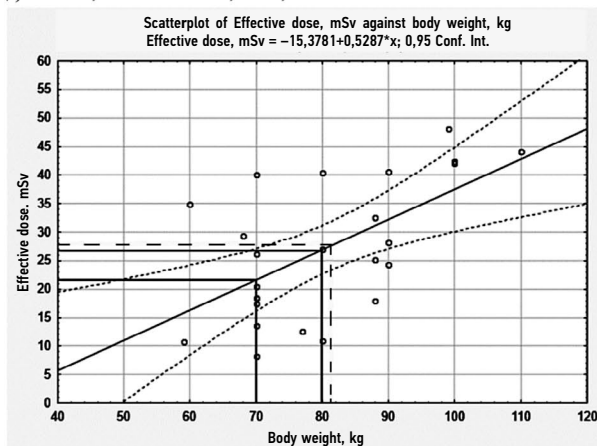
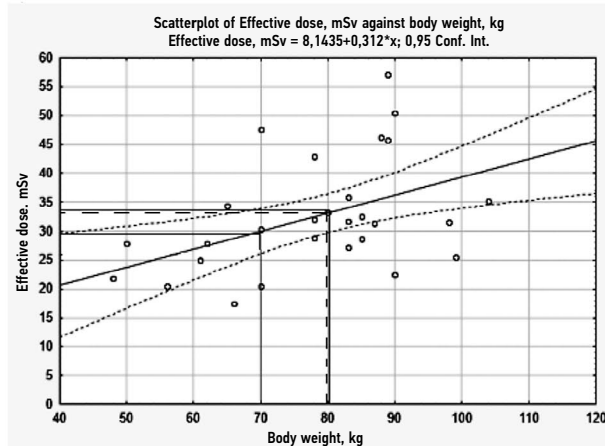


图2。在头部、胸部、腹部器官+盆腔内脏器多期相计算机断层扫描中有效剂量对患者体重依赖性的回归分析结果（点线表示置信区间， $p=0.95$ ）。Y轴——有效剂量，mSv；X轴——患者体重，公斤。

符号：实线——回归图线，点线表示回归图线的置信区间， $p=0.95$ ，垂直于轴的实线——标准 $ED_{70公斤}$ 和标准 $ED_{80公斤}$ （mSv），针对体重为70/80公斤的患者，虚线表示对应于该组患者平均体重的平均ED（mSv）。ED——有效剂量；CT——计算机断层摄影。

标准的ED<sub>80公斤</sub>，而不是标准的ED<sub>70公斤</sub>作为评估ED的标准是合理的，因为标准的ED<sub>80公斤</sub>更能反映我们人群中由于过去几年人类学数据的变化而导致的体重分布。同时，如果对照组的平均体重接近标准体重80公斤，则可以通过检查组患者的平均ED值来比较不同CT上的ED。

## 讨论

### 主要研究成果的总结

我们研究的最终目标是证实在CT检查中计算标准ED的重要性，这将允许更正确地比较不同医疗和诊断机构的患者的暴露水平，因为比较的患者样本在体重上可能存在显著差异。进行的相关分析表明，平均体重较高的患者群体对应于较高的平均辐射剂量。DRLs反映了辐射剂量值的第75个四分位数，与各组患者的平均体重成正比，如果各组患者的平均体重差异很大，就不可能用DRLs正确比较在这些机构检查的患者的剂量。

在我们的研究中进行的相关分析显示，在C0（见图1，c、d；图2，c、d）及A0+P0（见图1，e、f；图2，e、f）的单期相和多期相CT扫描的期间，在辐射剂量与患者体重成比例增加中发现一般的规律性；C0（0.59-0.70）及A0+P0（0.37-0.59）的CT剂量与患者体重的相关是最大的，并头部（0.05-0.18）的是最低的（图1，a、b；图2，a、b）。得到的相关系数值与人体各节段的相对质量一致[11-14]：上半身质量占全身重量的15.9%，中部重量占16.3%，下半重量占11.2%，头部重量仅占6.9%。

ED对患者体重的依赖性是由于传感器的设计特点和CT扫描管中电流的自动调节发生的。这意味着如果比较患者组的平均体重差异很大，则不同医疗机构的平均ED和中位ED的比较是不正确的。因此，对于CT检查中的这种剂量比较，如我们的研究所示，计算比较组中的标准ED<sub>70公斤</sub>或标准ED<sub>80公斤</sub>并把其值对比是更正确的。

### 主要研究成果的讨论

大量的研究致力于与估算CT扫描中对患者的辐射剂量有关的问题。作为在诊断和介入过程中有助于优化保护以防止对患者造成的医疗影响的标准，已经确定了“诊断参考水平”（DRLs）的指标[7]。DRLs的概念是自1996年起由ICRP引入的，并在不断发展[2, 6, 7]。ICRP目前建议估算在研究中每个受试者的单次疗程辐射剂量的中值[7]：国家DRLs应设定为从有代表性的中心样本中获得的DLPs或ED中值的第75个百分位。然而，这没有考虑到由于比较组中患者体重不同而可能存在的剂量差异。

众所周知，CT同一区域的DRLs有很大的差异性，因此难以正确比较。例如，在一项综述研究[15]中，注意到同一程序的研究之间的DRLs值有2-3倍的差异。同时，造成差异的可能原因包括研究设计、扫描技术、使用不同的暴露参数和不同的剂

量指数。对于造成这些差异的原因，意见不一。在一项研究[16]中，评估了影响CT辐射剂量的患者、设备和机构因素。患者体型（以T恤尺寸表示的体型）、机构特定方案和多期相扫描被发现是最重要的剂量预测因素（R<sup>2</sup> 8-32%），其次是设备制造商和迭代重建（R<sup>2</sup> 0.2-15%）。另一项研究[17]显示，各国的CT辐射剂量差异很大，但有观点认为，这主要是于当地对CT扫描技术参数的选择有关的，而不是关于患者、设施或设备的特点的。

由于各种医疗机构不断完善评估患者辐射剂量的标准，标准ED的问题变得越来越重要。例如，国际文件[4, 7]指出，DRLs应该是标准化的，即尽可能针对所研究的每种CT检查的“标准患者尺寸”给出，同时，考虑到“标准剂量是在选定的X射线机器的典型操作模式下，以典型的性能协议进行选定的放射诊断程序时，体重70±3公斤的男女成人的平均剂量”[4, 8, 10]。表明了，所选的平均体重应接近所研究人群的平均体重，对于某些国家，70±10公斤的平均患者体重可能为可接受的[7]。但在实践中，治疗机构的DRLs是用一般患者样本的平均或中位数剂量来计算的，不考虑体型和体重。

只有少数作者考虑了“患者规模”以进行这些分析：例如，A. J. van der Molen等人[18]为“标准体型患者”（身高1.74米，体重77公斤，体重指数25.4公斤/平方米±15%）或体重70±15公斤的患者提供剂量[19]。可以假设，如果比较体重为70或80公斤的“标准患者”的标准剂量，而不是平均或中位数剂量，数据的分布会更小，DRLs的比较也会更正确。这种计算方法应该对所有医疗机构都是一样的。

进行的分析（表4）表明，在不同的国家，研究区域的单期相CT期间的ED（mSv）可能会相差数倍，对于不同的作者，头部为1.5-2.3 mSv，C0为4.0-7.9 mSv，A0为2.4-10.0 mSv，A0+P0为4.1-11.7。在所研究地区的多期相CT扫描中，不同作者的ED在很大程度上取决于研究的阶段数，并且差异更大：C0为5.1-9.5 mSv，A0为3.6-23.1 mSv，A0+P0为6.3-24.5。在本研究中，1号医院和2号医院对一个标准体重（70公斤）的患者进行研究区域的单期相和多期相CT扫描的标准ED计算，与其他作者的头部和C0的平均或中位ED相当，略高于A0+P0的多期相CT扫描的剂量（见表4）。

我们的数据由其他研究结果证实。因此，患者分为两个亚组（非超重、超重）的数据层次能够更好地优化CT剂量，并且在身高体重指数等级的基础上能设定DRLs[37]。

其他作者[38]将成人胸部CT的体积CT剂量指数（CTDI<sub>vol</sub>）、剂量长度乘积（DLP）和尺寸特异性剂量估计（size specific dose estimate, SSDE）与2017年中国DRLs进行了比较。根据患者的胸水当量直径（Dw），将患者分为4组。结果发现，参数CTDI<sub>vol</sub>、DLP和SSDE与Dw指数成比例增加。

**表4.** 头部、胸部、腹部脏器和盆腔内脏器CT检查时患者的有效照射剂量

ED指标	CT检查区域的ED (mSv) <sup>a, b</sup>				国家
	头部	胸部	腹部器官	腹部器官+盆腔内脏器	
中位数	1.5/-	4.0/5.1	2.4/3.6	4.4/6.3 - 13.3	澳大利亚 [20]
平均值	2.0 (n=50) [21]; 1.99 [22]	4.99 (n=43) [23]; 9.84 [22]	10.44 (n=43) [23]	11.7 [22]	加拿大 [21 - 23]
平均值	-	7.9 - 9.5 (n=81) [24]	-	6.15 (n=85) [25]	中国 [24, 25]
平均值	2.1 - 4.2	2.9 - 5.2	3.3 - 7.3	4.1 - 9.2	德国 [26]
平均值	1.2	5.9	8.2	-	希腊 [27]
平均值	-	6.04 (n=50)	6.89 (n=51)	-	印度 [23]
中位数	2.3 (n=26 965)	4.6 (n=6542)	-	9.7 (n=1692)	意大利 [28]
平均值	-	-	7.7/23.1 (n=44) [29]	8.0 (n=447) [30]	韩国 [29, 30]
中位数, 仅为标准患者 (1,74米, 77公 斤, BMI 25,4公 斤/平方米±15%)	1.5	4.6	8/13.2 - 19.4	-	荷兰 [18]
平均值	1.21 (n=52)	7.60 (n=38)	8.25 (n=54)	-	波兰 [23]
中位数, 患者体 重为70±15公斤	-	5,4 (胸部, n=39)	-/8,1 (阑尾炎, n=100)	-/24.5 (腹腔CT扫 描, 检测结直肠癌 的肝脏和腹部转 移, n=40)	卡塔尔 [19]
标准ED <sub>70公斤</sub>	1.7/1.9 (n=18/n=14)	4.5/6.6 (n=25/n=11)	-	7.2/30.0 (n=75/n=30)	俄罗斯, 本研 究, 1号医院 <sup>c</sup>
标准ED <sub>70公斤</sub>	2.1/3.6 (n=32/n=8)	2.1/5.3 (n=38/n=27)	-	5.9/21.6 (n=21/n=24)	俄罗斯, 本研 究, 2号医院 <sup>d</sup>
平均值	0.89 (n=36)	4.20 (n=32)	6.03 (n=66)	-	泰国 [23]
平均 (n=340)	1.36/1.79	4.34	-	11.6/13.26	阿联酋 [31]
平均值	1.66 (n=10) [23]	3.45 (n=30) [23]	2.4 - 6.04/ 8.4 - 15.33 [32]	6.69 (n=25) [23]	英国 [23, 32]
平均值	2	7	7.3-8.0/15	10	美国 [33, 34]
平均值	2.7	5.8	22.3	-	埃塞俄比亚 [35]
中位数	2.1	4.4	6.8	-	土耳其 [36]

**注:** n——观察次数。ED——有效剂量；CT——计算机断层摄影；BMI——身高体重指数。

<sup>a</sup> KED DLP (mSv×mGy-1×cm-1) [4]: 头部 0.0023, 胸部 0.017, 腹部器官 0.015, 盆腔内脏器 0.019; <sup>b</sup> 单期相/多期相CT; <sup>c</sup> 1号医院, CT扫描仪: GE Discovery CT750 HD, 64层; <sup>d</sup> 2号医院, CT扫描仪: Toshiba Aquilion Prime, 80层。

已经研究了患者体型对CT辐射剂量的影响 [39]。根据成人身体CT扫描估计的有效直径, 每件CT按T恤尺寸分为XXS、XS、S、M、L、XL和XXL。对每个尺寸和检查类型的辐射剂量率进行了比较, 确定了XXS (~60%)、XS (~65%)、S (~75%)、M (100%)、L (~130%)、XL (~165%)、XXL (~210%) 尺寸的CTDIvol值。因此, 与体型M

患者相比, 年轻患者 (XXS) 接受了60%的剂量, 而XXL患者需要加倍剂量 (~210%)。作者认为, 这种用T恤尺码表示身体测量值的新方法非常简单, 为展示不同体格的病人之间的剂量差异提供了一个工具。但是, 在我们看来, 此类方法仅适用于胸部CT; 此外, 体重比T恤的尺码更能准确反映患者身体的个体特征。

## 研究的局限性

该研究的一个局限性是，在控制CT期间的辐射剂量时，SSDE（体型特异性扫描剂量评估）的概念也可用于考虑患者的尺寸。但SSDE仅考虑基于患者几何尺寸的校正，即从患者或其图像测量或确定的线性尺寸[7]。SSDE概念旨在根据CT区域的大小（扫描区域的有效直径）调整CT报告的标准参数，以最大限度地减少辐射吸收剂量（mGy）[40]，但不采取考虑到患者的体重，并非旨在评估ED（mSv）和长期辐射后果的风险。

考虑到这一点，SSDE目前不被认为是用作DRLs的合适标准[7]。为了支持这一点，一项基于对54篇科学文章分析的系统综述[15]表明，SSDE概念并没有被广泛使用。例如，在所有使用的剂量标准组合中，87%的研究使用了CTDI<sub>vol</sub>和/或DLP值，而DLP+SSDE值仅是在1%的研究中使用的[15]。SSDE最常被用于胸部CT中的剂量建模和记录特定（特别是儿科）患者的剂量减少策略的结果[41-43]。

这项工作的另一个限制是计算标准ED的不同方法。在我们的研究中，为了计算标准ED，我们使用了剂量对患者体重的依赖性（线性回归方程）的线性近似法（公式 2）。所进行的回归分析允许建立1号医院和2号医院的每个CT区域的辐射剂量对体重的依赖性的回归方程系数。然后用这些因素来计算体重为70公斤的“标准患者”的标准ED<sub>70公斤</sub>和体重为80公斤的“标准患者”的标准ED<sub>80公斤</sub>（见表3）。

非线性模型（幂律函数）也可用于描述身体特定区域的CT辐射剂量与患者体型或体重之间的关系。例如，在腹部CT的报告[23]中，使用线性函数计算归一化噪声对体重指数的依赖性，使用幂函数计算归一化噪声对患者前后位的依赖性直径。

然而，在我们看来，对于实际的放射技师来说，线性近似法是一个更可接受的选择。如果每家医院的医生使用他们自己的ED和体重之间关系的非线性近似模型，这将导致不同的数学关系，并在这种标准ED比较中引入额外的非系统误差。因此，在我们看来，线性回归的使用对于放射科医生的日常实际工作来说是可以接受的，作为这种逼近法的统一方法。

我们的观点与[23]中所述的观点一致：“... 标准化噪声与患者体型之间的最佳相关性是使用有效患者直径和幂函数获得的。然而，在实践中，确定前后直径和侧直径（计算有效直径所需的已知直径）可能比称重患者更困难。这就是为什么决定[23]使用患者的体重，因为与上述直径的测量相比，测量重量更简单，并且还使用可用的可接受的线性相关性，而不是更难计算的幂函数。

因此，目前将国家DRLs设置为代表性中心样本中患者接受剂量中位数的第75个百分点数[7]。如果在一个治疗机构中DRLs超过了区域

水平，这就是分析CT技术（管电压、扫描区长度和其他CT协议参数）的理由，以找到减少它的方法。然而，这种过度可能不仅是由于CT调查的技术参数，也是由于其中一个治疗机构的患者平均体重较高。我们认为，为了正确比较平均体重差异显著的患者组的剂量负荷，建议使用在比较组中计算的标准ED<sub>70公斤</sub>或标准ED<sub>80公斤</sub>。即使患者的平均体重存在显著差异，如果1号医院CT上的标准ED高于2号医院，可以假设这种超标不是由于患者体重造成的，而是由于CT扫描仪和扫描协议的特殊性造成的，需要进行修改以降低剂量。

因此，计算DRLs的方法不断得到改进[44-48]，所获得的结果对于为患者建立正确的辐射暴露DRLs非常重要。未来可能会使用标准ED来按区域计算CT扫描仪的DRLs，但这需要在每个CT协议中记录患者的体重。

随着最近CT检查数量的急剧增加，在CT检查中不超过标准ED为患者设定的DRLs，将减少人群中癌症病变方面的长期后果[49-51]。控制辐射剂量的措施是公共卫生的一项重要任务[44, 45, 52, 53]，并且符合与国际项目EUROSAFE合作的目标。

在实践中，可以使用所描述的方法来估计每个身体区域的标准ED，并以两家医院和两台CT扫描仪为例，考虑到标准患者的体重，对CT扫描的ED进行比较。计算和分析每个身体区域的标准ED，而不仅仅是平均ED、中位ED和75分位ED，有助于更正确地比较不同医疗机构的辐射量，更准确地分析超过区域或国家DRLs的原因。

## 结论

CT的有效辐射剂量与患者的体重成正比。

比较平均体重差异很大的患者组的平均和中位辐射剂量是不正确的。

在计算两个CT区域（胸腔、腹部和盆腔器官）的标准有效剂量的基础上，比较患者剂量的方法已经得到证实。

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. E.I. Matkevich — concept of the study, collection and processing of materials, analysis of the obtained data, design of tables, writing of the text; V.E. Sinitsyn — supervision, analysis of materials and their editing; I.V. Ivanov — study design, preparation of illustrations.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. Режим доступа: [https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=21796](https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796). Дата обращения: 25.10.2022.
2. IAEA [Интернет]. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. IAEA, Vienna, 2014. Режим доступа: <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards>. Дата обращения: 25.10.2022.
3. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection // Ann ICRP. 1991. Vol. 21, N 1-3. P. 1–201.
4. EUR16262 [Интернет]. European guidelines on quality criteria in Computed Tomography. Brussels, Belgium: European Commission, Report EUR 16262. 1999. Режим доступа: <https://op.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a>. Дата обращения: 25.10.2022.
5. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103 // Ann ICRP. 2007. Vol. 37, N 2-4. P. 1–332. doi: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
6. Radiation protection in medicine. ICRP Publication 105 // Ann ICRP. 2007. Vol. 37, N 6. P. 1–63. doi: 10.1016/j.icrp.2008.08.001
7. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135 // Ann ICRP. 2017. Vol. 46, N 1. P. 1–144. doi: 10.1177/0146645317717209
8. Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография: учебное пособие. В 2 т. / пер. с англ. Ш.Ш. Шотемора. 3-е изд. Москва: МЕДпресс-информ, 2011.
9. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения. Изменения в МР 2.6.1.0066-12. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Режим доступа: [https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/71e/mu-2.6.1.3584\\_19-izmeneniya-v-mu-2.6.1.2944\\_11.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/71e/mu-2.6.1.3584_19-izmeneniya-v-mu-2.6.1.2944_11.pdf). Дата обращения: 25.10.2022.
10. МР 2.6.1.0066-12. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения. Режим доступа: [https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=4656](https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4656). Дата обращения: 25.10.2022.
11. Hinrichs R.N. Adjustments to the segment center of mass proportions of Clauser et al. (1969) // J Biomech. 1990. Vol. 23, N 9. P. 949–951. doi: 10.1016/0021-9290(90)90361-6
12. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика. Москва: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. 550 с.
13. Ozlib.com [Интернет]. Общий центр масс, общий центр тяжести, геометрия масс, антропометрия // Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения. Режим доступа: [https://ozlib.com/801945/sport/obschiy\\_tsentr\\_mass\\_obschiy\\_tsentr\\_tyazhesti\\_geometriya\\_mass\\_antropometriya](https://ozlib.com/801945/sport/obschiy_tsentr_mass_obschiy_tsentr_tyazhesti_geometriya_mass_antropometriya). Дата обращения: 25.10.2022.
14. Helpiks.org [Интернет]. Распределение массы в теле человека. Режим доступа: <https://helpiks.org/6-6110.html>. Дата обращения: 25.10.2022.
15. Garba I., Zarb F., McEntee M.F., Fabri S.G. Computed tomography diagnostic reference levels for adult brain, chest and abdominal examinations: A systematic review // Radiography (Lond). 2021. Vol. 27, N 2. P. 673–681. doi: 10.1016/j.radi.2020.08.011
16. Smith-Bindman R., Wang Y., Yellen-Nelson T.R., et al. Predictors of CT radiation dose and their effect on patient care: a comprehensive analysis using automated data // Radiology. 2017. Vol. 282, N 1. P. 182–193. doi: 10.1148/radiol.2016151391
17. Smith-Bindman R., Wang Y., Chu P., et al. International variation in radiation dose for computed tomography examinations: prospective cohort study // BMJ. 2019. N 364. P. k4931. doi: 10.1136/bmj.k4931
18. Van der Molen A.J., Schilham A., Stoop P., et al. A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands // Insights Imaging. 2013. Vol. 4, N 3. P. 383–390. doi: 10.1007/s13244-013-0253-9
19. Al Naemi H., Tsapaki V., Omar A.J., et al. Towards establishment of diagnostic reference levels based on clinical indication in the state of Qatar // Eur J Radiol Open. 2020. N 7. P. 100282. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100282
20. Heggie J.C. Patient doses in multi-slice CT and the importance of optimization // Australas Phys Eng Sci Med. 2005. Vol. 28, N 2. P. 86–96. doi: 10.1007/BF03178698
21. Rivers-Bowerman M.D., Shankar J.J. Iterative reconstruction for head CT: Effects on radiation dose and image quality // Can J Neurol Sci. 2014. Vol. 41, N 5. P. 620–625. doi: 10.1017/cjn.2014.11
22. MacGregor K., Li I., Dowdell T., Gray B.G. Identifying institutional diagnostic reference levels for CT with radiation dose index monitoring software // Radiology. 2015. Vol. 276, N 2. P. 507–517. doi: 10.1148/radiol.2015141520
23. IAEA-TECDOC-1621 [Интернет]. Dose Reduction in CT while Maintaining Diagnostic Confidence: A Feasibility/Demonstration Study. IAEA, Vienna, 2009. Available from: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1621\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1621_web.pdf). Дата обращения: 25.10.2022.
24. Qi L.P., Li Y., Tang L., et al. Evaluation of dose reduction and image quality in chest CT using adaptive statistical iterative reconstruction with the same group of patients // Br J Radiol. 2012. Vol. 85, N 1018. P. e906–e911. doi: 10.1259/bjr/66327067
25. Yasaka K., Katsura M., Akahane M., et al. Model-based iterative reconstruction for reduction of radiation dose in abdominopelvic CT: Comparison to adaptive statistical iterative reconstruction // Springerplus. 2013. Vol. 2, N 1. P. 209. doi: 10.1186/2193-1801-2-209
26. Hofer M. CT teaching manual: a systematic approach to CT reading. Thieme, 2005. 208 p.
27. Tsapaki V., Aldrich J.E., Sharma R., et al. Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: Diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT-IAEA-coordinated research project // Radiology. 2006. Vol. 240, N 3. P. 828–834. doi: 10.1148/radiol.2403050993
28. Calderoni F., Campanaro F., Colombo P.E., et al. Analysis of a multicentre cloud-based CT dosimetric database: Preliminary results // Eur Radiol Exp. 2019. Vol. 3, N 1. P. 27. doi: 10.1186/s41747-019-0105-6
29. Shin H.J., Chung Y.E., Lee Y.H., et al. Radiation dose reduction via sinogram affirmed iterative reconstruction and automatic tube voltage modulation (CARE kV) in abdominal CT // Korean J Radiol. 2013. Vol. 14, N 6. P. 886–893. doi: 10.3348/kjr.2013.14.6.886

30. Kim K., Kim Y.H., Kim S.Y., et al. Low-dose abdominal CT for evaluating suspected appendicitis // *N Engl J Med*. 2012. Vol. 366, N 17. P. 1596–1605. doi: 10.1056/NEJMoa1110734
31. Abuzaid MM, Elshami W, Tekin HO, et al. Computed tomography radiation doses for common computed tomography examinations: a nationwide dose survey in United Arab Emirates. *Insights Imaging* 11, 88 (2020). doi: 10.1186/s13244-020-00891-6
32. Shrimpton P.C., Hillier M.C., Lewis M.A., Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003 // *Br J Radiol*. 2006. Vol. 79, N 948. P. 968–980. doi: 10.1259/bjr/93277434
33. Mettler F., Huda W., Yoshizumi T., Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: A catalog // *Radiology*. 2008. Vol. 248, N 1. P. 254–263. doi: 10.1148/radiol.2481071451
34. Pickhardt P.J., Lubner M.G., Kim D.H., et al. Abdominal CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): Initial results of a prospective trial comparing ultralow-dose with standard-dose imaging // *Am J Roentgenol*. 2012. Vol. 199, N 6. P. 1266–1274. doi: 10.2214/AJR.12.9382
35. Zewdu M., Kadir E., Tesfaye M., Berhane M. Establishing local diagnostic reference levels for routine computed tomography examinations in JIMMA university medical center south West Ethiopia // *Radiat Prot Dosimetry*. 2021. Vol. 193, N 3–4. P. 200–206. doi: 10.1093/rpd/ncab028
36. Atli E., Uyanik S.A., Ögüçlü U., et al. Radiation doses from head, neck, chest and abdominal CT examinations: An institutional dose report // *Diagn Interv Radiol*. 2021. Vol. 27, N 1. P. 147–151. doi: 10.5152/dir.2020.19560
37. Brat H., Zanca F., Montandon S., et al. Local clinical diagnostic reference levels for chest and abdomen CT examinations in adults as a function of body mass index and clinical indication: A prospective multicenter study // *Eur Radiol*. 2019. Vol. 29, N 12. P. 6794–6804. doi: 10.1007/s00330-019-06257-x
38. Hu X., Gou J., Lin W., et al. Size-specific dose estimates of adult, chest computed tomography examinations: Comparison of Chinese and updated 2017 American College of Radiology diagnostic reference levels based on the water-equivalent diameter // *PLoS One*. 2021. Vol. 16, N 9. P. e0257294. doi: 10.1371/journal.pone.0257294
39. Li X., Steigerwalt D., Rehani M. T-shirt size as a classification for body habitus in computed tomography (CT) and development of size-based dose reference levels for different indications // *Eur J Radiol*. 2022. Vol. 151, N 3. P. 110289. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110289
40. Westra S.J., Li X., Gulat K., et al. Entrance skin dosimetry and size-specific dose estimate from pediatric chest CTA // *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2014. Vol. 8, N 2. P. 97–107. doi: 10.1016/j.jcct.2013.08.002
41. Strauss K.J. CT: Size Specific Dose Estimate (SSDE): Why We Need Another CT Dose Index. *Clinical Imaging Physicist Cincinnati Children's Hospital University of Cincinnati College of Medicine* // Boone J., McCollough C., McNitt-Grey M., et al. Acknowledgements. Available from: <https://docplayer.net/20784880-ct-size-specific-dose-estimate-ssde-why-we-need-another-ct-dose-index-acknowledgements.html>. Дата обращения: 25.10.2022.
42. Özsoykal İ., Yurt A., Akgüngör K. Size-specific dose estimates in chest, abdomen, and pelvis CT examinations of pediatric patients // *Diagn Interv Radiol*. 2018. Vol. 24, N 4. P. 243–248. doi: 10.5152/dir.2018.17450
43. Lyra M., Rouchota M., Michalitsi M., Boultsadaki A. Effective dose and size-specific dose estimate (SSDE) of the torso: In low dose MDCT protocol in multiple myeloma // *Radiol Diagn Imaging*. 2019. doi: 10.15761/RDI.1000146
44. Matkevich E.I., Sinitsyn V.E., Ivanov I.V. [Health prediction indices obtained with low-dose computer tomography scans] // *Aviakosm Ekolog Med*. 2015. Vol. 49, N 6. P. 61–67. Russian.
45. Применение референтных диагностических уровней для взрослых пациентов в лучевой диагностике. Методические рекомендации. Москва, 2020. 38 с.
46. Damlakis J., Vassileva J. The growing potential of diagnostic reference levels as a dynamic tool for dose optimization // *Physica Medica*. 2021. Vol. 84. P. 285–287. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.03.018
47. Moghadam N., Lecomte R., Mercure S., et al. Simplified size adjusted dose reference levels for adult CT examinations: A regional study // *Eur J Radiol*. 2021. Vol. 142. P. 109861. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109861
48. Almén A., Guðjónsdóttir J., Heimland N., et al. Establishing paediatric diagnostic reference levels using reference curves: A feasibility study including conventional and CT examinations // *Phys Med*. 2021. Vol. 87. P. 65–72. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.05.035
49. Smith-Bindman R., Lipson J., Marcus R., et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer // *Arch Intern Med*. 2009. Vol. 169, N 22. P. 2078–2086. doi: 10.1001/archinternmed.2009.427
50. Smith-Bindman R. Environmental causes of breast cancer and radiation from medical imaging: Findings from the institute of medicine report // *Arch Intern Med*. 2012. Vol. 172, N 13. P. 1023–1027. doi: 10.1001/archinternmed.2012.2329
51. Linet M.S., Slovis T.L., Miller D.L., et al. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures // *CA Cancer J Clin*. 2012. Vol. 62, N 2. P. 75–100. doi: 10.3322/caac.21132
52. Голиков В.Ю., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Шацкий И.Г. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении медицинских исследований в Российской Федерации // *Радиационная гигиена*. 2021. Т. 14, № 3. С. 56–68. doi: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-56-68
53. Дружинин Ю.В., Рыжов С.А., Водоватов А.В., и др. Влияние COVID-19 на динамику изменений дозовой нагрузки на пациентов при проведении компьютерной томографии в медицинских организациях Москвы // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 1. С. 5–15. doi: 10.17816/DD87628

## REFERENCES

1. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2021. State report. Available from: [https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=21796](https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796). Accessed: 25.10.2022.
2. IAEA [Internet]. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. IAEA, Vienna, 2014. Available from: <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards>. Accessed: 25.10.2022.
3. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP*. 1991;21(1-3):1–201.

4. EUR16262 [Internet]. European guidelines on quality criteria in Computed Tomography. Brussels, Belgium: European Commission, Report EUR 16262. 1999. Available from: <https://op.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a>. Accessed: 25.10.2022.
5. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37(2-4):1–332. doi: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
6. Radiation protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann ICRP*. 2007;37(6):1–63. doi: 10.1016/j.icrp.2008.08.001.
7. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. *Ann ICRP*. 2017;46(1):1–144. doi: 10.1177/0146645317717209
8. Prokop M, Galanski M. Spiral and multislice computed tomography of the body. Vol. 2. Germany: Stuttgart, Verlag KG, cop. 2002.
9. Monitoring of the effective doses of patient due to medical x-ray examinations. Changes in Methodical guidelines MU 2.6.1.2944-11. 2.6.1. Ionizing radiation, radiation safety. Available from: [https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/71e/mu-2.6.1.3584\\_19-izmeneniya-v-mu-2.6.1.2944\\_11.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/71e/mu-2.6.1.3584_19-izmeneniya-v-mu-2.6.1.2944_11.pdf). Accessed: 25.10.2022.
10. The application of reference diagnostic levels for optimization of patient's radiation protection during X-ray examinations of general purpose. Methodological recommendations MR 2.6.1.0066-12. Available from: [https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=4656](https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4656). Accessed: 25.10.2022.
11. Hinrichs RN. Adjustments to the segment center of mass proportions of Clauser et al. (1969). *J Biomech*. 1990;23(9):949–951. doi: 10.1016/0021-9290(90)90361-6
12. Dubrovsky VI, Fedorova VN. Biomechanics: Textbook. For secondary and higher educational institutions. Moscow: VLADOS-PRESS; 2003. 550 p.
13. Ozlib.com [Internet]. Common center of mass, common center of gravity, geometry of masses, anthropometry. In: Biomechanics. Knowledge of body-motor exercises. 2013. Available from: [https://ozlib.com/801945/sport/obschiy\\_tsentr\\_mass\\_obschiy\\_tsentr\\_tyazhesti\\_geometriya\\_mass\\_antropometriya](https://ozlib.com/801945/sport/obschiy_tsentr_mass_obschiy_tsentr_tyazhesti_geometriya_mass_antropometriya). Accessed: 25.10.2022.
14. Helpiks.org [Internet]. Distribution of mass in the human body. Available from: <https://helpiks.org/6-6110.html>. Accessed: 25.10.2022.
15. Garba I, Zarb F, McEntee MF, Fabri SG. Computed tomography diagnostic reference levels for adult brain, chest and abdominal examinations: a systematic review. *Radiography (Lond)*. 2021;27(2):673–681. doi: 10.1016/j.radi.2020.08.011
16. Smith-Bindman R, Wang Y, Yellen-Nelson TR, et al. Predictors of CT radiation dose and their effect on patient care: a comprehensive analysis using automated data. *Radiology*. 2017;282(1):182–193. doi: 10.1148/radiol.2016151391
17. Smith-Bindman R, Wang Y, Chu P, et al. International variation in radiation dose for computed tomography examinations: prospective cohort study. *BMJ*. 2019;(364):k4931. doi: 10.1136/bmj.k4931
18. Van der Molen AJ, Schilham A, Stoop P, et al. A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands. *Insights Imaging*. 2013;4(3):383–390. doi: 10.1007/s13244-013-0253-9
19. Al Naemi H, Tsapaki V, Omar AJ, et al. Towards establishment of diagnostic reference levels based on clinical indication in the state of Qatar. *Eur J Radiol Open*. 2020;7:100282. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100282
20. Heggie JC. Patient doses in multi-slice CT and the importance of optimisation. *Australas Phys Eng Sci Med*. 2005;28(2):86–96. doi: 10.1007/BF03178698
21. Rivers-Bowerman MD, Shiva Shankar JJ. Iterative reconstruction for head CT: Effects on radiation dose and image quality. *Can J Neurol Sci*. 2014;41(5):620–625. doi: 10.1017/cjn.2014.11
22. MacGregor K, Li I, Dowdell T, Gray BG. Identifying institutional diagnostic reference levels for CT with radiation dose index monitoring software. *Radiology*. 2015;276(2):507–517. doi: 10.1148/radiol.2015141520
23. IAEA-TECDOC-1621 [Internet]. Dose Reduction in CT while Maintaining Diagnostic Confidence: A Feasibility/Demonstration Study. IAEA, Vienna; 2009. Available from: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1621\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1621_web.pdf). Accessed: 25.10.2022.
24. Qi LP, Li Y, Tang L, Li YL, et al. Evaluation of dose reduction and image quality in chest CT using adaptive statistical iterative reconstruction with the same group of patients. *Br J Radiol*. 2012;85(1018):e906–e911. doi: 10.1259/bjr/66327067
25. Yasaka K, Katsura M, Akahane M, et al. Model-based iterative reconstruction for reduction of radiation dose in abdominopelvic CT: Comparison to adaptive statistical iterative reconstruction. *Springerplus*. 2013;2(1):209. doi: 10.1186/2193-1801-2-209
26. Hofer M. CT teaching manual: a systematic approach to CT reading. Thieme; 2005. 208 p.
27. Tsapaki V, Aldrich JE, Sharma R, et al. Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: Diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT-IAEA-coordinated research project. *Radiology*. 2006;240(3):828–834. doi: 10.1148/radiol.2403050993
28. Calderoni F, Campanaro F, Colombo PE, et al. Analysis of a multicentre cloud-based CT dosimetric database: Preliminary results. *Eur Radiol Exp*. 2019;3(1):27. doi: 10.1186/s41747-019-0105-6
29. Shin HJ, Chung YE, Lee YH, et al. Radiation dose reduction via sinogram affirmed iterative reconstruction and automatic tube voltage modulation (CARE kV) in abdominal CT. *Korean J Radiol*. 2013;14(6):886–893. doi: 10.3348/kjr.2013.14.6.886
30. Kim K, Kim YH, Kim SY, et al. Low-dose abdominal CT for evaluating suspected appendicitis. *N Engl J Med*. 2012;366(17):1596–1605. doi: 10.1056/NEJMoa1110734
31. Abuzaid MM, Elshami W, Tekin HO et al. Computed tomography radiation doses for common computed tomography examinations: a nationwide dose survey in United Arab Emirates. *Insights Imaging* 11, 88 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00891-6>
32. Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. *Br J Radiol*. 2006;79(948):968–980. doi: 10.1259/bjr/93277434
33. Mettler F, Huda W, Yoshizumi T, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: A catalog. *Radiology*. 2008;248(1):254–263. doi: 10.1148/radiol.2481071451
34. Pickhardt PJ, Lubner MG, Kim DH, et al. Abdominal CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): Initial results of a prospective trial comparing ultralow-dose with standard-dose imaging. *Am J Roentgenol*. 2012;199(6):1266–1274. doi: 10.2214/AJR.12.9382
35. Zewdu M, Kadir E, Tesfaye M, Berhane M. Establishing local diagnostic reference levels for routine computed tomography examinations in JIMMA university medical center south West Ethiopia. *Radiat Prot Dosimetry*. 2021;193(3-4):200–206. doi: 10.1093/rpd/ncab028

- 36.** Atlı E, Uyanık SA, Öğüşlü U, et al. Radiation doses from head, neck, chest and abdominal CT examinations: An institutional dose report. *Diagn Interv Radiol.* 2021;27(1):147–151. doi: 10.5152/dir.2020.19560
- 37.** Brat H, Zanca F, Montandon S, et al. Local clinical diagnostic reference levels for chest and abdomen CT examinations in adults as a function of body mass index and clinical indication: A prospective multicenter study. *Eur Radiol.* 2019;29(12):6794–6804. doi: 10.1007/s00330-019-06257-x
- 38.** Hu X, Gou J, Lin W, et al. Size-specific dose estimates of adult, chest computed tomography examinations: Comparison of Chinese and updated 2017 American College of Radiology diagnostic reference levels based on the water-equivalent diameter. *PLoS One.* 2021;16(9):e0257294. doi: 10.1371/journal.pone.0257294
- 39.** Li X, Steigerwalt D, Rehani M. T-shirt size as a classification for body habitus in computed tomography (CT) and development of size-based dose reference levels for different indications. *Eur J Radiol.* 2022;151(3):110289. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110289
- 40.** Westra SJ, Li X, Gulat K, et al. Entrance skin dosimetry and size-specific dose estimate from pediatric chest CTA. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2014;8(2):97–107. doi: 10.1016/j.jcct.2013.08.002
- 41.** Strauss KJ. CT: Size Specific Dose Estimate (SSDE): Why We Need Another CT Dose Index. Clinical Imaging Physicist Cincinnati Children's Hospital University of Cincinnati College of Medicine. In: Boone J, McCollough C, McNitt-Grey M, et al. Acknowledgements. Available from: <https://docplayer.net/20784880-Ct-size-specific-dose-estimate-ssde-why-we-need-another-ct-dose-index-acknowledgements.html>. Accessed: 25.10.2022.
- 42.** Özsoykal İ, Yurt A, Akgüngör K. Size-specific dose estimates in chest, abdomen, and pelvis CT examinations of pediatric patients. *Diagn Interv Radiol.* 2018;24(4):243–248. doi: 10.5152/dir.2018.17450
- 43.** Lyra M, Rouchota M, Michalitsi M, Bouladaki A. Effective dose and size-specific dose estimate (SSDE) of the torso: In low dose MDCT protocol in multiple myeloma. *Radiol Diagn Imaging.* 2019. doi: 10.15761/RDI.1000146
- 44.** Matkevich EI, Sinitsyn VE, Ivanov IV. Health prediction indices obtained with low-dose computer tomography scans. *Aviakosm Ekolog Med.* 2015;49(6):61–67. (In Russ).
- 45.** The use of reference diagnostic levels for adult patients in radiation diagnostics. Methodological recommendations. Moscow; 2020. 38 p. (In Russ).
- 46.** Damilakis J, Vassileva J. The growing potential of diagnostic reference levels as a dynamic tool for dose optimization. *Physica Medica.* 2021;84:285–287. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.03.018
- 47.** Moghadam N, Lecomte R, Mercure S, et al. Simplified size adjusted dose reference levels for adult CT examinations: A regional study. *Eur J Radiol.* 2021;142:109861. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109861
- 48.** Almén A, Guðjónsdóttir J, Heimland N, et al. Establishing paediatric diagnostic reference levels using reference curves: A feasibility study including conventional and CT examinations. *Phys Med.* 2021;87:65–72. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.05.035
- 49.** Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med.* 2009;169(22):2078–2086. doi: 10.1001/archinternmed.2009.427
- 50.** Smith-Bindman R. Environmental causes of breast cancer and radiation from medical imaging: Findings from the institute of medicine report. *Arch Intern Med.* 2012;172(13):1023–1027. doi: 10.1001/archinternmed.2012.2329
- 51.** Linet MS, Slovis TL, Miller DL, et al. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA Cancer J Clin.* 2012;62(2):75–100. doi: 10.3322/caac.21132
- 52.** Golikov VY, Vodovotov AV, Chipiga LA, Shatsky IG. Assessment of radiation risk in patients during medical research in the Russian Federation. *Radiation hygiene.* 2021;14(3):56–68. (In Russ). doi: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-56-68
- 53.** Druzhinin YV, Ryzhov SA, Vodovotov AV, et al. The influence of COVID-19 on the dynamics of changes in the dose load on patients during computed tomography in medical organizations in Moscow. *Digital Diagnostics.* 2022;3(1):5–15. doi: 10.17816/DD87628

## AUTHORS' INFO

\* **Ivan V. Ivanov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor; address: 31, Prospect Budennogo, 105275, Moscow, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7729-2724>; eLibrary SPIN: 9888-2780; e-mail: ivanov-iv@yandex.ru

**Elena I. Matkevich**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5917-7706>; eLibrary SPIN: 5546-4830; e-mail: pencil\_red@mail.ru

**Valentin E. Sinitsyn**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>; eLibrary SPIN: 8449-6590; e-mail: vsini@mail.ru

## ОБ АВТОРАХ

\* **Иванов Иван Васильевич**, д.м.н., профессор; адрес: Россия, 105275, Москва, Проспект Будённого, д. 31; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7729-2724>; eLibrary SPIN: 9888-2780; e-mail: ivanov-iv@yandex.ru

**Маткевич Елена Ивановна**, к.м.н.; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5917-7706>; eLibrary SPIN: 5546-4830; e-mail: pencil\_red@mail.ru

**Синицын Валентин Евгеньевич**, д.м.н., профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>; eLibrary SPIN: 8449-6590; e-mail: vsini@mail.ru

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку