

# 基于有效直径与水当量直径的SSDE算法在不同人群CT检查中的应用进展

何子寅<sup>1</sup>, 牛洪涛<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>承德医学院研究生学院, 河北 承德

<sup>2</sup>秦皇岛市第一医院介入治疗科, 河北 秦皇岛

收稿日期: 2026年5月2日; 录用日期: 2026年5月26日; 发布日期: 2026年6月3日

## 摘要

体型特异性剂量估算(SSDE)是CT剂量学领域的重要进展, 可精准校正传统容积CT剂量指数(CTDI<sub>vol</sub>)无法反映不同体型患者实际吸收剂量的不足, 对辐射敏感性更高的儿童患者尤为重要。SSDE通过有效直径(D<sub>eff</sub>)或水当量直径(D<sub>w</sub>)计算尺寸转换因子, 实现个体化辐射剂量估算, 其中D<sub>w</sub>兼顾几何尺寸与组织衰减特性, 准确性更优。该技术已广泛应用于儿科与成人CT检查, 可优化诊断参考水平、开展患者特异性辐射风险评估、平衡图像质量与辐射剂量; 深度学习与自动化工具显著简化SSDE计算流程, 但仍面临计算标准化、临床流程整合、个体病理差异影响等挑战。未来需推进计算方法标准化、深化自动化集成、优化组织与病理校正模型, 推动CT辐射防护与质量管理水平提升。

## 关键词

体型特异性剂量估算, 有效直径, 水当量直径, CT检查, 辐射剂量, 个体化剂量评估

# Application Progress of SSDE Algorithm Based on Effective Diameter and Water-Equivalent Diameter in CT Examinations of Different Populations

Ziyin He<sup>1</sup>, Hongtao Niu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Chengde Medical University, Chengde Hebei

<sup>2</sup>Interventional Treatment Department of Qinhuangdao First Hospital, Qinhuangdao Hebei

\*通讯作者。

文章引用: 何子寅, 牛洪涛. 基于有效直径与水当量直径的SSDE算法在不同人群CT检查中的应用进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(6): 169-176. DOI: 10.12677/acm.2026.1662207

## Abstract

Size-Specific Dose Estimate (SSDE) is a crucial advancement in CT dosimetry, which corrects the limitation that the conventional volume CT dose index ( $CTDI_{vol}$ ) fails to accurately reflect the actual absorbed dose in patients with various body sizes, especially for pediatric patients with higher radiation sensitivity. SSDE realizes individualized radiation dose estimation by calculating the size conversion factor using effective diameter ( $D_{eff}$ ) or water-equivalent diameter ( $D_w$ ).  $D_w$  is more accurate since it takes both geometric dimensions and tissue attenuation characteristics into account. This technique has been widely applied in pediatric and adult CT examinations, contributing to optimizing diagnostic reference levels, performing patient-specific radiation risk assessment, and balancing image quality and radiation dose. Deep learning and automated tools have greatly simplified the SSDE calculation process, yet challenges remain including calculation standardization, clinical workflow integration, and the impact of individual pathological differences. Future efforts should promote the standardization of calculation methods, deepen automated integration, and optimize correction models for tissue and pathological variations, so as to improve the level of CT radiation protection and quality management.

## Keywords

Size-Specific Dose Estimate (SSDE), Effective Diameter, Water-Equivalent Diameter, CT Examination, Radiation Dose, Individualized Dose Assessment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

体型特异性剂量估算(SSDE)作为计算机断层扫描(CT)剂量学中的一项关键进展,已成为精确评估患者辐射暴露的重要指标,尤其在个体化医疗时代背景下,其基于患者体型的辐射剂量校正能力凸显了其超越传统容积CT剂量指数( $CTDI_{vol}$ )的优势。 $CTDI_{vol}$ 作为CT扫描仪输出剂量的标准化测量值,主要基于固定尺寸的模体进行评估,因此可能无法准确反映不同体型患者所接受的实际吸收剂量[1]-[3]。特别对于儿童患者,由于其较小的体型和更高的辐射敏感性,单纯依赖 $CTDI_{vol}$ 可能导致严重的剂量低估,从而潜在增加辐射风险[4]-[9]。SSDE的引入正是为了解决这一核心问题,通过将 $CTDI_{vol}$ 与一个考虑患者实际体型的转换因子相乘,提供了一种更为精确的个体化剂量估算方法[1] [4] [10]-[12]。

## 2. SSDE 的理论基础与方法学演进

SSDE的核心在于将标准化的 $CTDI_{vol}$ (以毫戈瑞, mGy 为单位)校正为与患者体型相关的吸收剂量[1] [10] [13]。这一校正通过引入一个尺寸转换因子( $f_{size}$ )实现,该因子根据患者的有效直径( $D_{eff}$ )或水当量直径( $D_w$ )计算得出[1] [12] [14]。国外医学物理学家协会(AAPM)在2011年发布的第204号报告中,首次提出了基于前后径(AP)和左右径(LAT)的有效直径概念来估算患者尺寸,随后的第220号报告则推荐使用水当量直径( $D_w$ )作为更精确的患者尺寸描述符[1] [12]。 $D_w$ 不仅考虑了患者的几何尺寸,还纳入了组织衰减特性,例如,充满空气的肺部与致密的骨骼对X射线的衰减程度截然不同[1] [15] [16]。

有效直径( $D_{\text{eff}}$ )的计算通常涉及 CT 图像横截面上的几何测量, 如通过前后径和左右径的平均值来近似估算[7] [17]。然而, 这种方法可能无法完全捕捉不同组织密度的异质性。相比之下, 水当量直径( $D_w$ )则通过计算 CT 图像中所有像素的平均 CT 值, 并将其转换为与水密度等效的直径来提供更全面的患者体型信息[1] [15] [18] [19]。 $D_w$ 的计算公式通常涉及对图像像素值的求和或积分, 然后将其与水的衰减系数进行比较, 从而得出能够更准确反映 X 射线衰减特征的等效水柱直径[15] [20] [21]。这种方法尤其适用于不同身体部位(如胸部包含肺组织, 腹部主要为软组织)以及存在病理改变(如肺部病变导致 CT 值升高)的情况[15]。

近年来, 研究人员持续优化  $D_w$  的计算方法, 旨在提高其准确性和自动化程度[15]。例如, Anam 等人提出了一种算法, 能够从含有多个身体部位的临床 CT 图像中自动计算  $D_w$  和 SSDE [15]。此外, 还有研究致力于从 CT 定位像(scout image/localizer radiograph)中估算患者的  $D_w$ , 这可以在实际扫描开始前提供患者尺寸信息, 为实时剂量优化提供可能[10] [20] [21]。这种预扫描估算  $D_w$  的能力对于实现自适应管电流调制(ATCM)等技术至关重要, ATCM 能够根据患者体型动态调整 X 射线管电流, 从而在保证图像质量的同时优化辐射剂量[22]。

### 3. SSDE 在不同患者群体中的应用进展

SSDE 的应用横跨儿科和成人患者, 旨在为更广泛的人群提供个性化的剂量评估, 并指导优化 CT 成像方案。

#### 3.1. 儿科患者

儿童对辐射的敏感性远高于成人, 其更长的预期寿命也意味着更大的辐射诱发癌症风险[4] [5] [9]。因此, 儿科 CT 剂量优化一直是放射防护的重点。SSDE 在儿科 CT 检查中的应用尤为重要, 它能够克服传统剂量指标(如  $CTDI_{\text{vol}}$ )在儿童患者中因体型差异造成的剂量评估偏差[4] [5] [23]。Sulemana 等人的研究估计了儿科头部 CT 的 SSDE 和水当量直径( $D_w$ ), 并强调其作为剂量优化工具的有效性[4]。Sapignoli 等人在儿科头部 CT 检查中基于 AAPM TG-293 报告建立了 SSDE 的典型值, 并根据  $D_w$  进行了新的分层, 以更好地关联 SSDE 与头部尺寸[23]。此外, Deedar Ali Khawaja 等人探讨了体重是否可以作为儿童 CT 中测量直径的替代方法, 以简化 SSDE 的计算过程[7]。然而, 仍需注意的是, 即使是 SSDE, 在儿童患者中其准确性也需要持续验证, 因为其开发基础可能来源于非临床数据[8]。

#### 3.2. 成人患者

在成人患者中, SSDE 的应用同样有助于实现剂量个体化, 尤其是在腹部 - 盆腔 CT、胸部 CT 等检查中。Akhillesh 等人的研究估计了多期腹部 - 盆腔 CT 检查中不同扫描期的 SSDE, 并比较了基于有效直径、水当量直径以及分割技术等多种方法对 SSDE 的确定[24]。Gabusi 等人则在胸部 CT 中量化了基于有效直径和水当量直径计算的 SSDE 差异, 强调了在考虑患者体型和组织衰减时 SSDE 的重要性[16]。在对肺炎患者的胸部 CT 扫描中, Kidoh 等人[22]评估了肺部病变对水当量直径( $D_w$ )、转换因子和 SSDE 的影响, 这凸显了病理状况对剂量评估的复杂影响。对于体重过重或肥胖患者, SSDE 的计算也变得更为关键, 因为它能更准确地反映这些患者的实际吸收剂量, 从而避免因体型过大而导致的剂量低估或过高辐射[25] [26]。例如, Kidoh 等人研究了根据预扫描 SSDE 修改扫描参数, 以实现胸部 CT 乳腺剂量降低的有效性[22]。

### 4. 自动计算与深度学习的融合

为了克服手动测量患者尺寸的耗时和复杂性, 自动化 SSDE 计算方法受到了广泛关注[27] [28]。深度

学习技术,特别是卷积神经网络(CNN),在CT图像的自动分割和尺寸参数提取方面展现出巨大潜力,为实现SSDE的实时自动化计算提供了强大支持[29][30]。

Juszczuk 等人的研究介绍了一个自动化的、独立于供应商的CT剂量监测系统,该系统利用深度学习图像处理技术提供精确的SSDE[29]。该系统甚至能够通过光学字符识别从剂量报告图像中检索必要信息,即便DICOM头文件中元数据不完整。Ruenjit 等人开发了一种基于U-Net模型的卷积神经网络自动化计算胸部CT中校正后的有效直径(Deffcorr)的SSDE方法[30]。这类方法的出现极大地简化了SSDE的计算流程,使其能够更好地融入临床日常工作,从而实现辐射剂量的实时监测和优化[18][28]。Porzio 和 Anam 的研究也旨在开发一种软件,能够实现 $D_w$ 和SSDE的实时计算[18]。

CTContour 作为一款开源Python工具,能够实现腹腔盆腔CT图像的自动勾勒和平均SSDE计算,进一步推动了SSDE自动化的发展[19][28]。Payne 和 Badawy 的研究比较了CTContour获得的平均水当量直径(WED)值与Philips扫描仪提供的供应商特定值,这对于验证自动化工具的准确性至关重要[19]。

## 5. SSDE 在辐射防护与质量管理中的作用

SSDE 的广泛应用不仅仅是为了提供更准确的剂量估算,它还在辐射防护和质量管理方面发挥着关键作用。

### 5.1. 诊断参考水平(DRLs)的建立与优化

诊断参考水平(DRLs)是用于评估和优化CT扫描方案的重要工具,它们通常以 $CTDI_{vol}$ 和剂量长度乘积(DLP)的形式呈现[13]。然而,考虑到患者体型对实际吸收剂量的影响,将SSDE纳入DRLs的建立和比较中,能够提供更具临床相关性的剂量参考。Benmessaoud 等人在摩洛哥建立了儿科腹腔盆腔CT和胸腹腔盆腔CT的本地诊断参考水平(LDRLs),其中SSDE的评估是基于患者的有效直径[31]。这表明,通过结合SSDE,DRLs能够更好地反映患者实际接受的剂量,从而指导医疗机构优化成像协议,使辐射剂量符合“合理可行尽量低”(ALARA)原则[2][3]。

### 5.2. 患者特异性风险评估

SSDE 作为个体化剂量指标,为评估患者的辐射相关风险提供了更坚实的基础。通过结合SSDE和蒙特卡罗模拟等方法,研究人员能够估算患者特定器官的剂量和癌症风险[9]。Franck 等人开发了一种临床适用的方法,用于估算儿科躯干CT检查中患者特定器官剂量和终生归因风险(LAR),其中SSDE在其中扮演了关键角色[9]。此外,Burton 和 Al-Ward 的研究也探讨了基于水当量直径的SSDE对终生归因风险(LAR)的敏感性[10]。这些研究强调了SSDE在精细化辐射风险评估中的价值。

### 5.3. 图像质量与剂量权衡

在CT成像中,图像质量与辐射剂量之间存在固有权衡[32][33]。SSDE通过提供更准确的剂量信息,使得这种权衡决策能够更加精细化。例如,通过预估SSDE并据此调整扫描参数(如管电流和管电压),可以在保持诊断图像质量的前提下,有效地降低辐射剂量[22]。低剂量CT结合迭代重建技术(IR)是减少患者剂量同时保持图像质量的有效策略[33]-[36]。SSDE的精确性有助于更科学地评估这些低剂量策略的实际效果,确保剂量优化不会以降低诊断效能为代价。

## 6. SSDE 的临床转化路径与实践

尽管SSDE的技术方法日趋成熟,但其从研究工具转化为临床常规实践的路径,涉及集成方案、信息呈现、人员培训与商业化系统等多个环节,需系统性推进。

## 6.1. 集成方案的选择与优劣分析

SSDE 功能在临床环境中的部署主要有三种模式。设备内置集成, 即由 CT 制造商将 SSDE 算法直接嵌入扫描仪操作台或重建引擎, 优势在于原生实时计算、响应迅速, 并可与 ATCM 等扫描控制模块深度联动, 缺点在于算法多为“黑箱”, 不同厂商的计算方法可能存在差异, 跨设备统一性不足。PACS 或后处理工作站插件, 则通过从 PACS 拉取图像序列计算 SSDE, 并写回结构化剂量报告, 优点是有望独立于扫描仪品牌实现标准化计算, 但通常为近实时或回顾性分析, 难以实现扫描前预测。独立剂量监测软件, 如 Radimetrics、DoseWatch 及 teamplay Dose 等, 具备跨设备数据聚合能力, 可将 SSDE 作为核心指标进行长期趋势分析和多中心比较, 但需解决与不同 RIS/PACS 和模态设备的接口问题。

## 6.2. SSDE 数据向临床用户的呈现与决策辅助

计算所得 SSDE 必须以直观方式呈现给放射科医师、技师及医学物理师, 方能辅助临床决策。当前推荐的方法是构建实时剂量仪表盘, 在操作台界面以颜色编码(绿、黄、红)显示当前患者的预估 SSDE 与该年龄段或检查类型 DRL 的比较, 使技师在扫描前即可判断参数设置是否在合理区间。在 PACS 阅片终端, 结构化剂量报告可附带该次检查的 SSDE 与历史同类检查的分布曲线, 为医师评估个体化风险提供参考。此外, 通过将 SSDE 整合入患者辐射安全档案, 对反复接受 CT 检查的特殊患者(如肿瘤随访、慢性病患者), 可触发累积剂量预警。

## 6.3. 人员培训与质量控制要点

成功转化离不开对相关人员的系统培训。技师需理解 SSDE 与传统  $CTDI_{vol}$  的区别, 掌握不同定位像选择对  $D_w$  预估的影响, 并能根据 SSDE 仪表盘反馈, 在“剂量 - 图像质量”权衡下调整定位线、管电流或管电压。放射科医师应能够解读结构化剂量报告中的 SSDE 信息, 使其成为与患者沟通辐射风险的科学依据。医学物理师则需负责本地 SSDE 算法的验证、定期校准, 以及建立并更新本地基于 SSDE 的 DRL。质量控制的关键点包括: 定期使用标准模体验证自动化工具的  $D_w$  计算精度, 监控不同设备间 SSDE 输出的一致性, 以及对新软件版本或扫描协议更新后的 SSDE 进行再验证。

## 6.4. 商业化剂量监测系统对 SSDE 的整合现状

当前主流商业化剂量监测系统均已不同程度地整合了 SSDE 计算功能。以 Radimetrics 为例, 其通过从 DICOM 图像自动分割患者轮廓, 计算  $D_w$  并直接输出每次检查的 SSDE, 并可按体型分组生成 DRL 对比报告。DoseWatch 和 teamplay Dose 亦提供类似功能, 并结合自然语言处理识别扫描部位和患者年龄, 自动匹配相应的 SSDE 参考范围。这些系统的优势在于自动化程度高、支持多厂商设备, 但其内部算法通常为专有, 用户难以调整计算参数。此外, 部分系统正在探索基于定位像的预扫描 SSDE 预测功能, 以便在扫描开始前即启动剂量优化。未来发展趋势是推动系统间 SSDE 计算的标准化与互操作性, 使不同机构的数据具有可比性, 为多中心研究和区域性剂量基准的建立奠定基础。

## 7. 当前挑战与未来展望

尽管 SSDE 在 CT 剂量学中取得了显著进展, 但其在临床实践中的广泛应用仍面临一些挑战。

### 7.1. 计算标准化与互操作性

SSDE 的计算方法多样, 包括基于有效直径、水当量直径, 以及不同的分割或拟合技术[1] [6]。不同计算方法可能导致 SSDE 结果存在差异, 这给跨设备、跨机构的剂量比较带来了挑战[19]。未来的工作需要进一步推动 SSDE 计算方法的标准化, 并提升剂量监测系统之间的互操作性[37] [38]。

## 7.2. 实时性与临床工作流程整合

尽管深度学习和自动化工具显著提升了 SSDE 的计算速度, 但将其无缝集成到临床工作流程中仍需努力[18][27]。理想的 SSDE 系统应该能够实时获取患者体型信息, 并在 CT 扫描前或扫描过程中自动调整剂量参数[10][22]。

## 7.3. 个体差异与病理影响

患者的个体差异, 如身体成分(脂肪、肌肉、骨骼比例)、病理状况(如肿瘤、水肿、肺部病变)都可能影响组织衰减特性, 进而影响  $D_w$  和 SSDE 的准确性[26]。未来的研究需要更深入地探索这些因素对 SSDE 的影响, 并开发更鲁棒的校正模型。

## 7.4. 单层与全容积 SSDE 的关联

在某些情况下, 为了简化计算, SSDE 可能仅基于单层 CT 图像进行估算[17][39]。然而, 单层 SSDE 与全容积 SSDE 之间可能存在差异, 尤其是在扫描范围较长或患者体型不均的情况下[39]。如何有效地从单层信息推断出更具代表性的 SSDE, 是需要进一步研究的方向。Boos 等人的研究评估了从中心层计算 SSDE 的准确性, 并发现其与全容积计算结果在成人和儿科患者中均存在一定偏差[17]。

总之, 基于有效直径和水当量直径的 SSDE 算法在提升 CT 辐射剂量评估的准确性和实现剂量个体化方面取得了显著进展[1][24][29]。随着自动化工具和深度学习技术的不断发展, SSDE 有望更广泛地应用于临床实践, 从而在确保诊断质量的同时, 最大限度地降低患者的辐射风险[18][28]-[30]。然而, 标准化计算方法、无缝集成到临床工作流程以及更精细地考虑个体生理和病理差异, 将是未来 SSDE 研究和应用的关键方向[27]。通过持续的跨学科合作, SSDE 将为 CT 成像的辐射防护和质量管理带来革命性的变革。

## 参考文献

- [1] Almuqbil, K., Abuhaimed, A., Abanomy, A., *et al.* (2024) Estimation of Size-Specific Dose Estimate (SSDE) of CT Scans Using an Effective Diameter Electron Density. *European Journal of Radiology*, **172**, Article 111311. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111311>
- [2] Inoue, Y. (2023) Radiation Dose Management in Computed Tomography: Introduction to the Practice at a Single Facility. *Tomography*, **9**, 955-966. <https://doi.org/10.3390/tomography9030078>
- [3] Kalra, M.K., Sodickson, A.D. and Mayo-Smith, W.W. (2015) CT Radiation: Key Concepts for Gentle and Wise Use. *RadioGraphics*, **35**, 1706-1721. <https://doi.org/10.1148/rg.2015150118>
- [4] Sulemana, H., Mumuni, A.N. and Abubakari, I.O.M. (2024) Establishment of Baseline Size-Specific Dose Estimate (SSDE) for Paediatric Head Computed Tomography (CT) Examinations. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, **55**, Article No. 238. <https://doi.org/10.1186/s43055-024-01396-8>
- [5] 许书聪, 郝文瀚, 袁新宇, 等. 基于水当量直径体型特异性剂量估计在儿童头部 CT 检查中的价值[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2022, 42(1): 69-72.
- [6] Parikh, R.A., Wien, M.A., Novak, R.D., Jordan, D.W., Klahr, P., Soriano, S., *et al.* (2017) A Comparison Study of Size-Specific Dose Estimate Calculation Methods. *Pediatric Radiology*, **48**, 56-65. <https://doi.org/10.1007/s00247-017-3986-7>
- [7] Khawaja, R.D.A., Singh, S., Vettiyil, B., Lim, R., Gee, M., Westra, S., *et al.* (2015) Simplifying Size-Specific Radiation Dose Estimates in Pediatric CT. *American Journal of Roentgenology*, **204**, 167-176. <https://doi.org/10.2214/ajr.13.12191>
- [8] Karmazyn, B., Ai, H., Klahr, P., Ouyang, F. and Jennings, S.G. (2016) How Accurate Is Size-Specific Dose Estimate in Pediatric Body CT Examinations? *Pediatric Radiology*, **46**, 1234-1240. <https://doi.org/10.1007/s00247-016-3604-0>
- [9] Franck, C., Vandevoorde, C., Goethals, I., Smeets, P., Achten, E., Verstraete, K., *et al.* (2015) The Role of Size-Specific Dose Estimate (SSDE) in Patient-Specific Organ Dose and Cancer Risk Estimation in Paediatric Chest and Abdominopelvic CT Examinations. *European Radiology*, **26**, 2646-2655. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-4091-7>
- [10] Burton, C.S. and Al-Ward, S. (2023) Estimating Size Specific Dose Estimate from Computed Tomography Radiograph

- Localizer with Radiation Risk Assessment. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, **24**, e13989. <https://doi.org/10.1002/acm2.13989>
- [11] Honorio da Silva, E., Baffa, O., Elias, J. and Buls, N. (2021) Conversion Factor for Size Specific Dose Estimation of Head CT Scans Based on Age, for Individuals from 0 up to 18 Years Old. *Physics in Medicine & Biology*, **66**, Article ID: 085011. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/abe559>
- [12] 梁保辉, 陈志, 徐榭. CT 检查个体化辐射剂量估算研究现状[J]. 辐射防护, 2017, 37(2): 153-160.
- [13] Ghetti, C., Ortenzia, O., Palleri, F. and Sireus, M. (2016) Definition of Local Diagnostic Reference Levels in a Radiology Department Using a Dose Tracking Software. *Radiation Protection Dosimetry*, **175**, 38-45. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw264>
- [14] Anam, C., Haryanto, F., Widita, R., Arif, I. and Dougherty, G. (2016) A Fully Automated Calculation of Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Thoracic and Head CT Examinations. *Journal of Physics: Conference Series*, **694**, Article ID: 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/694/1/012030>
- [15] Anam, C., Mahdani, F.R., Dewi, W.K., Sutanto, H., Triadyaksa, P., Haryanto, F., *et al.* (2021) An Improved Method for Automated Calculation of the Water-Equivalent Diameter for Estimating Size-Specific Dose in CT. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, **22**, 313-323. <https://doi.org/10.1002/acm2.13367>
- [16] Gabusi, M., Riccardi, L., Aliberti, C., Vio, S. and Paiusco, M. (2016) Radiation Dose in Chest CT: Assessment of Size-Specific Dose Estimates Based on Water-Equivalent Correction. *Physica Medica*, **32**, 393-397. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2015.12.008>
- [17] Boos, J., Kröpil, P., Bethge, O.T., Aissa, J., Schleich, C., Sawicki, L.M., *et al.* (2017) Accuracy of Size-Specific Dose Estimate Calculation from Center Slice in Computed Tomography. *Radiation Protection Dosimetry*, **178**, 8-19. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncx069>
- [18] Porzio, M. and Anam, C. (2022) Real-Time Fully Automated Dosimetric Computation for CT Images in the Clinical Workflow: A Feasibility Study. *Frontiers in Oncology*, **12**, Article 798460. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.798460>
- [19] Payne, S. and Badawy, M. (2023) Comparison of Average Water Equivalent Diameter Values between Ctcontour and Vendor-Specific Estimates in CT Dosimetry. *Physica Medica*, **114**, Article ID: 103142. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2023.103142>
- [20] Zhang, D., Liu, X., Duan, X., Bankier, A.A., Rong, J. and Palmer, M.R. (2020) Estimating Patient Water Equivalent Diameter from CT Localizer Images—A Longitudinal and Multi-Institutional Study of the Stability of Calibration Parameters. *Medical Physics*, **47**, 2139-2149. <https://doi.org/10.1002/mp.14102>
- [21] Anam, C., Fujibuchi, T., Toyoda, T., Sato, N., Haryanto, F., Widita, R., *et al.* (2017) A Simple Method for Calibrating Pixel Values of the CT Localizer Radiograph for Calculating Water-Equivalent Diameter and Size-Specific Dose Estimate. *Radiation Protection Dosimetry*, **179**, 158-168. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncx241>
- [22] Kidoh, M., Utsunomiya, D., Oda, S., Nakaura, T., Funama, Y., Yuki, H., *et al.* (2016) Breast Dose Reduction for Chest CT by Modifying the Scanning Parameters Based on the Pre-Scan Size-Specific Dose Estimate (SSDE). *European Radiology*, **27**, 2267-2274. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4618-6>
- [23] Sapijnoli, S., Roggio, A., Boschini, A., Guida, F., Merlo, C., Paiusco, M., *et al.* (2022) Size-Specific Dose Estimates for Pediatric Head CT Protocols Based on the AAPM Report TG-293. *Physica Medica*, **100**, 26-30. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2022.06.004>
- [24] Akhilesh, P., Pathan, M.S., Sharma, S.D. and Sapra, B.K. (2025) Size Specific Dose Estimates and Effective Dose in Multiphase Abdomen-Pelvis CT Examinations. *Radiation Physics and Chemistry*, **226**, Article ID: 112269. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2024.112269>
- [25] Steiniger, B., Klippel, C., Teichgräber, U., Reichenbach, J.R. and Fiebich, M. (2022) Can the Size-Specific Dose Estimate Be Derived from the Body Mass Index? A Feasibility Study. *Radiation Protection Dosimetry*, **198**, 325-333. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncac038>
- [26] Van Hedent, S., Tatsuoka, C., Carr, S., Laukamp, K.R., Eck, B., Große Hokamp, N., *et al.* (2020) Impact of Patient Size and Radiation Dose on Accuracy and Precision of Iodine Quantification and Virtual Noncontrast Values in Dual-Layer Detector CT—A Phantom Study. *Academic Radiology*, **27**, 409-420. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.02.013>
- [27] Osman, N.D., Abdulkadir, M.K., Shuaib, I.L. and Nasirudin, R.A. (2024) Evaluation of a New Predictive Equation for Automated Calculation of Size-Specific Dose Estimate (SSDE) in CT Imaging. *Radiography*, **30**, 237-244. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2023.11.012>
- [28] Pace, E., Caruana, C.J., Bosmans, H., Cortis, K., D'Anastasi, M. and Valentino, G. (2022) CTContour: An Open-Source Python Pipeline for Automatic Contouring and Calculation of Mean SSDE along the Abdomino-Pelvic Region for CT Images; Validation on Fifteen Systems. *Physica Medica*, **103**, 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2022.10.027>
- [29] Juszczak, J., Badura, P., Czajkowska, J., Wijata, A., Andrzejewski, J., Bozek, P., *et al.* (2021) Automated Size-Specific

- Dose Estimates Using Deep Learning Image Processing. *Medical Image Analysis*, **68**, Article ID: 101898. <https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101898>
- [30] Ruenjit, S., Siricharoen, P. and Khamwan, K. (2024) Automated Size-Specific Dose Estimates Framework in Thoracic CT Using Convolutional Neural Network Based on U-Net Model. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, **25**, e14283. <https://doi.org/10.1002/acm2.14283>
- [31] Benmessaoud, M., Dadouch, A., Maghnoij, A., Lemmassi, A., Tahiri, M., El-ouardi, Y., *et al.* (2023) Establishment of Local Diagnostic Reference Levels for Paediatric Abdominal-Pelvis and Chest-Abdominal-Pelvis Computed Tomography in Morocco: Suggests the Need for Improved Optimization Efforts. *Radiation Protection Dosimetry*, **199**, 1129-1141. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad149>
- [32] Singh, R., Sharma, A., McDermott, S., Homayounieh, F., Rastogi, S., Flores, E.J., *et al.* (2019) Comparison of Image Quality and Radiation Doses between Rapid KV-Switching and Dual-Source DECT Techniques in the Chest. *European Journal of Radiology*, **119**, Article ID: 108639. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.08.008>
- [33] Debray, M., Dauriat, G., Khalil, A., Leygnac, S., Tubiana, S., Grandjean, A., *et al.* (2015) Diagnostic Accuracy of Low-Ma Chest CT Reconstructed with Model Based Iterative Reconstruction in the Detection of Early Pleuro-Pulmonary Complications Following a Lung Transplantation. *European Radiology*, **26**, 3138-3146. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-4126-0>
- [34] Terzis, R., Reimer, R.P., Nelles, C., Celik, E., Caldeira, L., Heidenreich, A., *et al.* (2023) Deep-Learning-Based Image Denoising in Imaging of Urolithiasis: Assessment of Image Quality and Comparison to State-of-the-Art Iterative Reconstructions. *Diagnostics*, **13**, Article 2821. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13172821>
- [35] Kim, S.H. (2019) Effective Radiation Dose Reduction in Computed Tomography with Iterative Reconstruction in Patients with Urinary Stone. *Journal of Computer Assisted Tomography*, **43**, 877-883. <https://doi.org/10.1097/rct.0000000000000921>
- [36] Brady, S.L. and Shulkin, B.L. (2015) Ultralow Dose Computed Tomography Attenuation Correction for Pediatric PET CT Using Adaptive Statistical Iterative Reconstruction. *Medical Physics*, **42**, 558-566. <https://doi.org/10.1118/1.4905045>
- [37] Fitousi, N. (2017) Patient Dose Monitoring Systems: A New Way of Managing Patient Dose and Quality in the Radiology Department. *Physica Medica*, **44**, 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.06.013>
- [38] Gress, D.A., Dickinson, R.L., Erwin, W.D., Jordan, D.W., Kobistek, R.J., Stevens, D.M., *et al.* (2017) AAPM Medical Physics Practice Guideline 6.a.: Performance Characteristics of Radiation Dose Index Monitoring Systems. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, **18**, 12-22. <https://doi.org/10.1002/acm2.12089>
- [39] Abuhaimeed, A. and Martin, C.J. (2020) Estimation of Size-Specific Dose Estimates (SSDE) for Paediatric and Adults Patients Based on a Single Slice. *Physica Medica*, **74**, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.05.001>