

论 著

个体因素对胸部CT辐射剂量的影响研究*

梁旭倩 姜 阳 陈玉洪
余 济 张德川*
重庆市中医院放射科(重庆 400021)

【摘要】目的 探讨被检者个体因素对胸部CT辐射剂量的影响。**方法** 按照临床胸部扫描方案为基准,前瞻性收集103例成人被检者资料,包括性别、年龄、身高、体重,记录每位被检者的剂量长度乘积(DLP),将所得数据进行多元回归分析。**结果** 图像质量对胸部CT辐射剂量无显著影响($P=0.407>0.05$),对胸部CT辐射剂量有显著影响的个体因素是体重($P=5.52E-21<0.05$)和年龄($P=8.08E-8<0.05$),体重每增加1kg,DLP会增加5.543;年龄每递增1岁,DLP会增加2.191。**结论** 影响胸部CT辐射剂量的个体因素主要为:年龄、体重,他们与辐射剂量存在一定的线性关系,利用这一特定关系,为指导降低被检者的辐射剂量具有重要临床意义。

【关键词】 个体因素;胸部CT扫描;剂量长度乘积(DLP);多元回归分析

【中图分类号】 R445.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 成都中医药大学2019年度“杏林学者”医院专项(YYZX2019082)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.09.040

The Effect of Individual Factors on The Radiation Dose in Chest CT*

LIANG Xu-qian, JIANG Yang, CHEN YU-hong, SHE Ji, ZHANG De-chuan*.
Department of Radiology, Chongqing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing 400021, China

ABSTRACT

Objective To explore the influence of patient's individual factors on the radiation dose in chest CT scan. **Methods** Based on the clinical chest CT scan scheme, the general data of 103 adult were prospectively collected, including gender, age, height, weight. Multivariate regression analysis was made on the dose-length product(DLP) of each chest CT scan with the same scanning parameters. **Results** There was no significant correlation between image quality and chest radiation dose ($P=0.407>0.05$), the major impact individual factors of radiation dose in chest CT scan were weight($P=5.52E-21<0.05$) and age($P=8.08E-8<0.05$): 1kg increase in weight was associated with 5.543mGy·cm increase in the DLP value; gradually increase in age was related with 2.191mGy·cm increase in the DLP value. **Conclusion** For chest CT, age and weight are the major impact individual factors of radiation dose. The linear relationship between radiation dose with age and weight is significance to guide clinical application of patient protection.

Keywords: Individual Factors; Chest CT Scan; Dose Length Product(DLP); Multiple Regression Analysis

随着医疗科学技术的飞速发展, X射线计算机断层成像(computed tomography, CT)在临床上的应用亦越来越广泛。低剂量胸部CT扫描已成为肺癌筛查、结节复查、常规体检的首选方法^[1-2], 但是, 检查带来的辐射剂量问题也同样引人关注^[3], 因此, 如何降低CT辐射剂量, 践行ALARA(as low as reasonably achievable)原则, 已成为业内备受关注的热点问题^[4]。被检者的有效辐射剂量(effective dose, ED)可以通过公式: $ED=DLP \times k$ (胸部转换系数, $k=0.014 \text{ mSv mGy}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)^[5]来进行计算, 因此, 通过研究个体因素对胸部CT DLP的影响, 即可知晓个体因素对辐射剂量的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象 前瞻性收集103例成人被检者资料, 包括年龄、性别、身高、体重, 剂量长度乘积(DLP)。男性51例, 女性52例, 年龄27-88岁, 平均年龄(58 ± 14.2)岁。纳入标准: 只纳入成年被检者的单个部位的胸部CT平扫, 排除标准: 多部位、急诊胸部CT平扫、未成年(≤ 18 岁)被检者。

1.2 扫描方法 采用GE VCT螺旋扫描仪。被检者双手上举、环抱置于头顶, 扫描范围从胸廓入口至肺底, 包括整个肺野。扫描条件: 120kV, 自动毫安: 100~400mA, 机架转速0.5s/圈, 螺距0.984:1, 扫描层厚5mm, 层间距5mm, 重建层厚1.25mm, 层间距1mm, 扫描完成后数据自动上传至GE AW4.6工作站和PACS服务器。

1.3 图像质量评价 为了评价图像质量是否会影响胸部辐射剂量, 对纳入标准的胸部CT图像进行图像质量评定。采用3名高年资主治医师以上职称人员进行图像质量盲评, 将整体图像质量的评分标准定为5个等级: 1分, 解剖结构模糊, 不能用于临床诊断; 2分, 基本解剖结构显示不清楚, 解剖细节不足以被发现; 3分, 大部分的解剖结构可用于临床诊断, 少数解剖结构(膈肌、支气管细小分级等)不能进行评价; 4分, 解剖细节较清楚, 能够由于临床诊断; 5分, 解剖细节显示清楚, 能够简单明了地评价^[6]。

1.4 数据处理 统计分析用IBM SPSS 23.0, DLP的影响分析采用多元逐步回归分析方法。 $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结 果

2.1 图像质量对DLP的影响 图像质量评定为 ≥ 4 分为优质图像, ≤ 3 分为差质图像, 见图1; 图像质量对DLP无影响, 见表1。

2.2 个体因素与DLP的线性关系 通过观察被检者的个体因素(年龄、身高、体重)与DLP的散点图, 可以看出DLP与身高、体重具有比较好的线性关系, 与年龄具有近似线性关系, 见图2。

表1 图像质量对DLP的影响

分类	5分	4分	3分	2分	1分	DLP
例数	52	38	13	0	0	
优质图像例数 ≥ 4 分	90					417.1 $\pm$ 77.95
差质图像例数 ≤ 3			13			444.0 $\pm$ 77.95
优质、差质图像DLP的P值	0.407 $>$ P=0.05					

【第一作者】梁旭倩, 女, 技师, 主要研究方向: CT扫描技术。E-mail:1805983351@qq.com

【通讯作者】张德川, 男, 正高级工程师, 主要研究方向: 低剂量胸部CT扫描。Email: cqgzdc@163.com

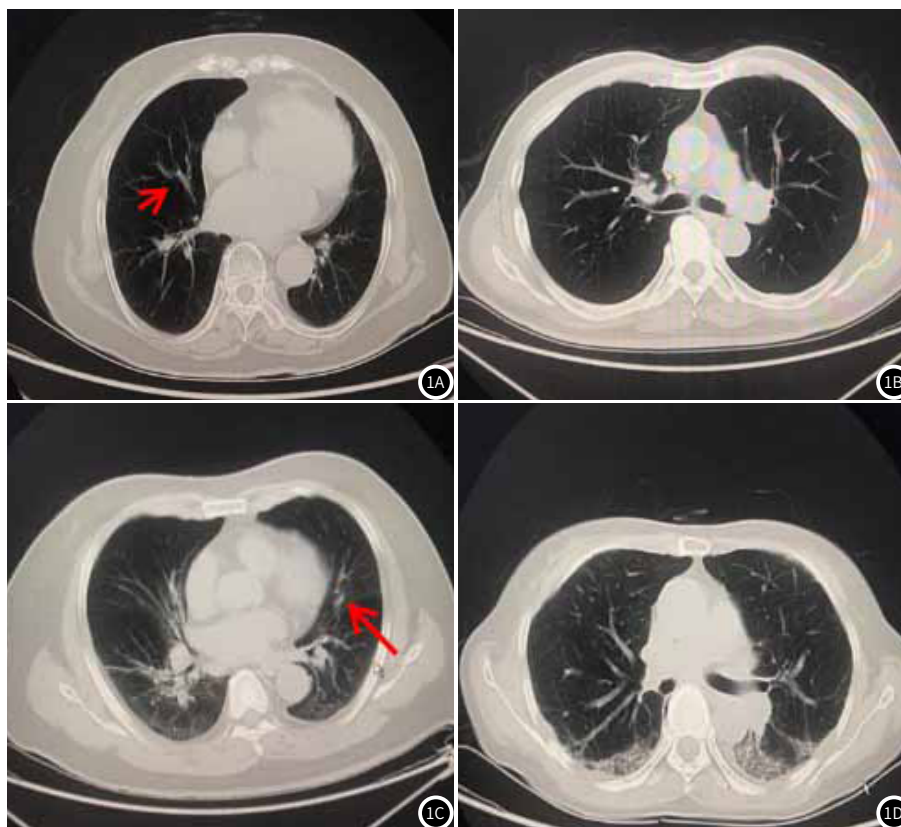


图1 图像质量评定。图1A: 85岁, 意识障碍, 闭气不佳, 支气管有截断影, 评定为差质图像; 图1B: , 75岁, 闭气好, 图像质量优; 图1C: 78岁, 炎症患者, 闭气不佳, 有呼吸伪影, 图像质量为差质图像; 图1D: 50岁, 炎症患者, 闭气好, 优质图像。

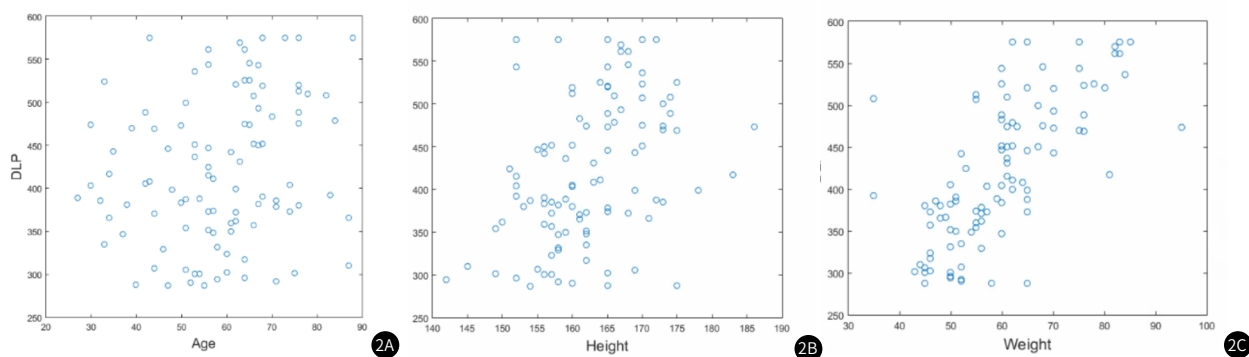


图2 个体因素与DLP的散点图。图2A: 是被检者年龄与DLP的散点图, 他们存在近似线性关系; 图2B: 是被检者身高与DLP的散点图, 他们存在良好的线性关系; 图2C: 是被检者体重与DLP的散点图, 他们存在良好的线性关系。

2.3 多元回归分析 采用多元线性回归分析法, 分别观察性别、身高、体重、年龄、对DLP的影响, 结果见表3。表3显示, 体重和年龄对DLP有显著影响, 其他变量对剂量DLP虽然有影响, 但是无统计意义。

将 $P \leq 0.10$ 的因素(体重和年龄, 表3)纳入逐步回归分析中, 选入变量的标准是 $P \leq 0.05$ 。结果显示: 体重的回归系数为5.543, 即体重每增加1kg, DLP会增加5.543; 年龄的回归系数为2.191, 即年龄每递增1岁, DLP会增加2.191, 见表4。

表3 个体因素对DLP的影响

	未标准化系数		标准化系数 Beta	t	显著性	B的95.0%置信区间	
	B	标准误差				下限	上限
(常量)	-26.11	152.59		-0.171	0.864	-328.930	276.706
体重	5.146	0.562	0.712	9.163	7.9E-15	4.031	6.260
年龄	2.119	0.395	0.359	5.370	5.3E-7	1.336	2.902
性别	19.608	13.662	0.117	1.435	0.154	-7.503	46.720
身高	0.031	0.970	0.003	0.032	0.975	-1.895	1.957

表4 有显著因素的回归统计

变量	回归系数	标准误差	t	P	回归系数置信区间
常数项	-39.449	39.259	-1.005	0.317	[-117.3, 38.44]
体重	5.543	0.464	11.954	5.52E-21	[4.623, 6.463]
年龄	2.191	0.378	5.792	8.08E-8	[1.440, 2.941]

3 讨论

自螺旋CT问世并全面应用临床以来，CT检查辐射剂量在总医疗辐射的占比较高，约占50%^[7]，因此，低剂量CT扫描一直是临床和科研的热点^[8]，以往研究均是从扫描方法、扫描条件、重建方法、体质数等方面探索影响被检者辐射剂量的因素，从个体因素方面探讨影响辐射剂量较少。

扫描方法及扫描条件上，早期主要依靠降低管电流、管电压、减少扫描时间和应用自动管电流调制技术(auto mA)来降低扫描辐射剂量^[9]。如，焦兴华^[10]认为在剂量为40mAs时，图像质量即可满足诊断要求；张永县^[11]将管电压、探测器宽度、螺距联合器官剂量调制技术来降低CT辐射剂量；有研究者^[12]发现，某些螺旋CT机型在管电流保持不变的情况下剂量与螺距成反比，而某些机型在使用自动管电流技术时，螺距变化不会影响辐射剂量。

重建方法上，如果辐射剂量过低将会使滤波反投影技术(filtered back projection reconstruction, FBP)的重建数据采样不足，导致噪声增多，图像质量无法满足临床诊断的需要^[13]。迭代重建(iterative reconstruction, IR)是在采用较低的辐射剂量下，通过多次迭代的方法从而提高图像质量、降低图像噪声和伪影^[14]。自适应迭代重建(adaptive statistical iterative Reconstruction, ASIR)是基于系统统计模型的重建，在临床应用中发现^[15-16]，在采用常规剂量胸部CT扫描时，如果将ASIR值预设为40%~60%时，图像质量噪声和对比噪声较高，并且肺窗和纵隔窗的临床评分最高^[17]。

2015年，世界卫生组织认定正常成人体质数BMI(Body Mass Index, BMI)为18.5-24.9kg/m²，BMI≥25.0kg/m²属于肥胖，BMI<18.5kg/m²属于消瘦。国内有研究者以体质数来研究降低辐射剂量^[18-19]，但没有阐明体质数和辐射剂量存在何种关系。Saade等^[20]根据体重不同，划分为≤60、60-80、81-100和≥101kg这4个等级，来研究体重与辐射剂量的影响，发现体重与辐射剂量存在一定关系。由于我国较欧美国家人群体重普遍偏低^[21]，陈振等^[22]以体重60kg为界，分成≤60kg 和>60kg 两类人群，分别选用不同的扫描参数，同样发现体重可以影响CT辐射剂量。本研究结果显示体重的对DLP的影响有统计学意义(P=7.9E-15<0.05)，并且呈正相关，即体重每增加1kg，DLP会增加=5.543；身高虽对DLP有影响，但无统计学意义(P=0.975>0.05)，见表3、表4。

在放射生物剂量学中，影响准确估算生物剂量的关键因素是个体对电离辐射反应的差异性^[23]，研究表明，基因表达的个体差异性的主要因素是年龄、性别、是否吸烟、生活方式和炎症反应等^[24-25]。李爽^[26]的实验表明，在离体照射时，男性外周血中大多数基因的mRNA相对表达水平要低于女性，表明男性对辐射的敏感性要低于女性；受年龄影响最大的基因表达是FDXR基因，Kajimura等在对样本量为229名日本原爆人群的相关基因mRNA和双着丝粒细胞数表达水平的聚类分析时发现，上述二者均表现为随着年龄增加而减少的趋势^[27]，研究提示受照者的年龄可能对影响辐射诱导的基因表达水平变化。本研究也是从宏观层面上揭示了被检者的辐射剂量与年龄呈正相关，即年龄每递增1岁，DLP会增加2.191，见表3、表4。被检者的性别差异对DLP会产生一定影响，但无统计学意义(P=0.154>0.05)。

CT扫描的辐射剂量评估参数常规是采用剂量长度乘积(DLP)和容积CT 剂量指数(volume CT dose Index, CTDI_{vol})。美国医学物理师学会于2014年提出一种新的评价CT辐射剂量的方法，即体型特异性剂量估算(size specific dose estimation, SSDE)方法^[28]。SSDE 是将经计算的被检者体型校正转换系数与CT系统里记录的CT剂量指数CTDI_{vol}的乘积。对于DLP和CTDI_{vol}的直观、易于获取

的评估方法，SSDE计算复杂但相对准确，同时，SSDE与被检者所接受辐射的真实值之间，仍有差距。因此，本文选用易于直接获取的DLP值而不是选用SSDE值来作为辐射剂量的指标，同时，本研究的样本量只有103例，样本量偏少，这是本研究的不足之处。

综上所述，影响胸部CT辐射剂量的主要个体因素是被检者的年龄、体重，他们与DLP存在正相关的线性关系。根据上述结论，基于被检者的个体因素并联合多种扫描参数来降低辐射剂量，这将是下一步的研究重点，也必将会给临床工作带来重要的指导意义。

参考文献

[1]张迪,范丽,望云,等.低剂量CT肺癌筛查中肺癌危险因素及高危模型的单中心研究[J].中华放射学杂志,2018,52(5):369-373.

[2]中华医学会放射学分会心胸学组.低剂量螺旋CT肺癌筛查专家共识[J].中华放射学杂志,2015,49(5):328-335.

[3]McCollough C H,Bruesewitz M R,Kofler J M.CT dose reduction and dose management tools: overview of available options[J].Radiographics,2006,26(2):503-512.

[4]Hall E J,Brenner D J.Cancer risks from diagnostic radiology[J].Br J Radiol,2008,81:362-378.

[5]Dougeni E,Faulkner K,Panayiotakis G.A review of patient dose and optimization methods in adult and pediatric CT scanning[J].Eur J Radiol,2012,81(4):665-683.

[6]Behrendt F F,Schmidt B,Plumhans C,et al.Image fusion in dual energy computed tomography:effect on contrast enhancement,single-to-radio and image quality in computed tomography angiography[J].Invest Radiol,2009,44(1):1-6.

[7]李玮,刘建新,王霄英,等.低电压、低对比剂剂量头颈CTA的可行性研究[J].放射学实践,2013,28(5):482-485.

[8]Naidich D P,Marshall C H,Gribbin C,et al.Low dose CT of the lungs: preliminary observations[J].Radiology,1990,175:729-731.

[9]王倩,赵心明,宋俊峰,等.自动管电流调制技术对腹部CT图像质量及辐射剂量影响的体模研究[J].中华放射学杂志,2013,47(7):648-653.

[10]焦兴华,张朝利.低剂量胸部螺旋CT扫描的应用价值[J].中国医学影像学杂志,2012,11(2):156.

[11]张永县,牛延涛,刘丹丹,等.管电压联合器官剂量调制技术对胸部CT辐射剂量和图像质量影响的体模研究[J].中华放射医学与防护杂志,2019,39(7):529-533.

[12]宋少娟,王巍,刘传亚.多层CT螺距与辐射剂量的关系探讨[J].中华放射医学与防护杂志,2006,26(5):526-528.

[13]Kubo T,Lin P J,Stiller W,et al.Radiation dose reduction in chest CT:a review[J].AJR Am J Roentgenol,2008,190:335-343.

[14]王未,周长圣,卢光明.降低CT冠状动脉成像辐射剂量的策略[J].放射学实践,2014,29(6):610-612.

[15]戴丽娟,王霄英,郭小超,等.迭代重建对日常CT检查平均辐射剂量的影响[J].放射学实践,2013,28(3):291-293.

[16]张丽,于红,刘士远.迭代重建技术对低剂量肺部平扫CT图像质量的影响[J].中华放射学杂志,2013,47(4):316-320.

[17]吴瑶媛,王万勤,刘斌,等.FBP、ASIR和VEO三种重建算法对常规剂量胸部CT图像质量的影响[J].中国医学影像技术,2012,28(3):575-578.

[18]邓文林,卢新,农杰琳,等.基于体重指数的个性化肺部低剂量CT扫描[J].右江医学,2019,47(7):515-519.

[19]赵波,刘永利,李京京.256层iCT个性化胸部低剂量扫描方案的探讨[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(3):62-64.

[20]Saade C,Ammous A,Abi-Ghanem AS,et al.Body weight-based protocols during whole body FDG PET/CT significantly reduces radiation dose without compromising image quality:Findings in a large cohort study[J].Acad Radiol,2018,(18):30384.

[21]Fang C,Liang Y.Social disparities in body mass index(BMI) trajectories among Chinese adults in 1991-2011[J].Int J Equity Health,2017,16(1):146.

[22]陈振,陈自谦,钟群,等.基于体重优化CT扫描条件对PET/CT成像的CT辐射剂量与图像质量的影响研究[J].中国医疗设备,2019,34(2):25-27,34.

[23]AGBENYEGAH S,ABEND M,ATKINSON M J,et al.Impact of inter-individual variance in the expression of a radiation responsive gene panel used for triage[J].Radiat Res,2018,190.

[24]MANNING G,MACAEVA E,MAJEWSKI M,et al.Comparable dose estimates of blinded whole blood samples are obtained independently of culture conditions and analytical approaches. Second RENEb gene expression study[J].Int J Radiat Biol,2017,93(1):87-98.

[25]KIM S J,DIX D J,THOMPSON K E,et al.Effects of storage, RNA extraction, genechip type, and donor sex on gene expression profiling of human whole blood[J].ClinChem,2007,53(6):1038-1045.

[26]李爽,陆雪,封江彬,等.性别和年龄对60Co γ射线照射离体人外周血辐射敏感基因mRNA表达的影响[J].癌变·畸变·突变,2019,31(6):421-427.

[27]KAJIMURA J,LYNCH H E,GEYER S,et al.Radiation-and age-associated changes in peripheral blood dendritic cell populations among aging atomic bomb survivors in Japan[J].Radiat Res,2018,189(1):84-94.

[28]McCollough C,Bakalyar D M,Bostani M,et al.Use of water equivalent diameter for calculating patient size and size-specific dose estimates(SSDE)in CT:The Report of AAPM Task Group 220[J].AAPM Rep,2014,2014:6-23.

(收稿日期:2020-12-22)