

## TACE手术中不同站姿下铅眼镜和铅面罩对医生眼晶状体防护效果的蒙特卡洛模拟比较

王遥<sup>1</sup>, 霍万里<sup>1</sup>, 熊壮<sup>2</sup>, 高佚民<sup>3</sup>, 徐榭<sup>1</sup>, 陈志<sup>1</sup>

1. 中国科学技术大学核科学技术学院, 安徽 合肥 230027; 2. 安徽医科大学第一附属医院, 安徽 合肥 230022; 3. 伦斯勒理工学院, 纽约 12180

**【摘要】目的:**使用蒙特卡洛方法和三维体素人体模型研究医生在肝动脉化疗栓塞手术中不同站姿下的眼晶状体辐射剂量水平,并比较铅面罩和铅眼镜对于眼晶状体的辐射防护效果。**方法:**以介入医护人员为研究对象,并选取面对病人、左转45°、右转45°3种常用站姿,计算佩戴铅面罩、佩戴铅眼镜、眼睛无防护措施3种情况下,医生的眼晶状体年当量剂量和左右眼晶状体的吸收剂量。**结果:**无防护情况下,眼晶状体受到年当量剂量按照左转45°、面对病人和右转45°这3种情况依次减小,但均超过IBSS年剂量限值20 mSv。戴铅眼镜情况下,不同站姿眼晶体年当量剂量相似且接近IBSS年剂量限值。戴铅面罩情况下,不同站姿下所受剂量均较小。对于左右眼晶体吸收剂量比较,左转45°时,右眼晶体剂量率大于左眼;而其他两种站姿时,右眼均小于左眼晶体剂量。**结论:**为了减少医生在肝动脉化疗栓塞手术中眼晶状体所受到的辐射剂量,在保证手术质量前提下,若无防护措施,应尽量采用正面对和右转45°站姿。建议医生手术时佩戴铅面罩,将眼晶状体当量剂量降到最低。如果没有铅面罩,需注意加强左眼晶体的防护。

**【关键词】**肝动脉化疗栓塞;介入放射学;体素模型;蒙特卡洛;辐射剂量;眼晶状体;铅眼镜;铅面罩

**【中图分类号】**R144.1;R776

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2016)06-0553-06

## Monte Carlo-based comparison of radiation protection efficiency of lead glasses vs. lead mask for eye lens of doctor in different standing postures during transcatheter arterial chemoembolization

WANG Yao<sup>1</sup>, HUO Wan-li<sup>1</sup>, XIONG Zhuang<sup>2</sup>, GAO Yi-min<sup>3</sup>, XU Xie<sup>1</sup>, CHEN Zhi<sup>1</sup>

1. School of Nuclear Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China; 2. First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China; 3. Rensselaer Polytechnic Institute, New York 12180, USA

**Abstract: Objective** Transcatheter arterial chemoembolization (TACE) operation is widely used in current interventional radiation therapy, which may create high radiation dose in the eye lens of the operators, leading to the cloudy of the eye lens or even worse, cataract. In the study, the eye lens doses and differences for a doctor who was in different postures and used different eye protection wears during TACE were analyzed by using Monte Carlo method and 3D voxel phantom. **Methods** The annual equivalent doses and the absorbed doses of the left and right eye lens of the doctor wearing lead glasses, or lead mask, or nothing, each in different standing postures: facing 45° to the left, facing 45° to the right and facing the patient, were simulated and calculated. **Results** Without any protection, the equivalent doses for the eye lens of the doctor in three different standing postures were all larger than the dose limit 20 mSv, the reference value from International Bibliography of the Social Sciences (IBSS) in 2014, and decreased in the order of facing 45° to the left, facing the patient and facing 45° to the right. With lead glasses, the equivalent doses in different standing postures were close to the dose limit of IBSS; with lead mask, the equivalent doses were smaller. The absorbed doses of different eye lens were different: the doses of the left eye lens were less than those of the right lens for the doctor facing 45° to the left, while the dose results of the left lens were greater than those of the right lens for the other two standing postures. **Conclusion** In order to reduce the eye lens dose without affecting the operation quality, doctors were suggested to wear lead mask, avoid turning left when operating in TACE without eye lens protections, and pay more attention to the left lens protection if lead mask is not available.

**【收稿日期】**2016-02-08

**【基金项目】**国家自然科学基金(11375181,11375182)

**【作者简介】**王遥(1991-),女,硕士研究生,E-mail:wy007@mail.ustc.edu.cn

**【通信作者】**陈志,男,副教授,E-mail:zchen@ustc.edu.cn

**Key words:** transcatheter arterial chemoembolization; interventional radiology; voxel model; Monte Carlo; radiation dose; eye lens; lead glasses; lead mask

## 前言

介入放射学近年在中国迅速发展,已成为一门融医学影像学和临床治疗于一体的重要学科,肝动脉化疗栓塞(Transcatheter Arterial Chemoembolization, TACE)手术在目前的介入放射治疗中占了相当大的比例。TACE手术中医务人员距离X射线较近,曝光时间较长,医务人员的眼晶体可能会在工作期间接受较高的辐射剂量,容易引起眼晶体的放射性损伤,如眼晶体浑浊甚至白内障。有报道称,多数介入操作者在操作时直接裸眼操作,造成放射性白内障<sup>[1]</sup>。2014年,国际原子能机构(IAEA)发布的《国际辐射防护和辐射源安全的基本安全标准》(IBSS)中,修改了眼晶状体剂量限值,将连续5年期以上眼晶状体接受的年平均当量剂量由1996年IBSS规定的不超过150 mSv降低为20 mSv(5年内不超过100 mSv),并且任何单一年份内当量剂量不超过50 mSv<sup>[2-3]</sup>。有报道指出,在内镜逆行胰胆管造影类型介入治疗手术中,工作人员眼晶体所受剂量有超过20 mSv年限的潜在可能性<sup>[4]</sup>。因此研究介入放射学工作人员的眼晶体吸收剂量就变得尤为重要。据了解,目前介入放射学医务人员的眼晶状体个人防护用品主要以铅眼镜和铅面罩为主。目前,国内有针对眼晶状体剂量的流行病学调查和对铅眼镜防护效果研究<sup>[1]</sup>。其中胡盼盼等<sup>[5]</sup>研究铅当量和镜片尺寸对医生眼晶状体剂量降低系数的影响,但未见有针对不同医生面朝方向情况下,铅眼镜和铅面罩防护效果的对比研究。荷兰马斯特里赫特大学医学中心的Van Rooijen等<sup>[6]</sup>利用真实仿真体模研究工作人员佩戴铅眼镜下不同站位的眼晶体剂量水平,发现佩戴铅眼镜可以有效降低眼晶体剂量,然而效果随着站姿的变化有所区别。

本实验针对介入放射学中高频次的TACE手术,依据真实手术时长等临床数据,利用蒙特卡洛(Monte Carlo, MC)方法和三维体素人体模型(RPI-AM)研究手术中医生处于面对病人站立、左转45°、右转45°3种站位情况下,医生的左右眼晶状体的吸收剂量,比较无防护、佩戴铅面罩和佩戴铅眼镜时眼晶状体的年当量剂量,与新版IBSS限值比较,对医生眼晶状体防护措施的选择、手术站姿方向、左右眼防护的防护区别给出建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 MC方法

MC方法是一种基于概率和统计理论的数值计算方法<sup>[7]</sup>。MCNPX(Monte Carlo N-particle Code)是美国洛斯阿拉莫斯国家实验室开发的一套能够模拟中子、光子、电子和重带电粒子在广泛能量范围和复杂几何条件中输运过程的通用MC计算程序<sup>[8]</sup>。在介入治疗眼晶体剂量模拟方面,国际上常用MCNPX软件模拟所受剂量水平。

### 1.2 体素模型

横躺的患者由RPI-AM人体模型模拟,介入治疗中的医生用加了一层铅衣的RPI-AM体模模拟。RPI-AM是美国伦斯勒理工学院研发的体素化成年男性人体模型,包含了超过130个组织或器官,模型的高、宽、深分别为60.0、36.6、177.3 cm,各项参数与国际辐射防护委员会(ICRP)中标准男性(身高176 cm,体质量73 kg)相同,构成RPI-AM的130多个器官质量与ICRP参考值之差都在0.5%以内。整个人体模型由超过 $2 \times 10^7$ 个边长为2.5 mm的体素组成<sup>[9-10]</sup>。每次模拟 $2 \times 10^9$ 个光子,使无防护和铅眼镜计算结果相对误差保持在5%以内,计算时间为8500 min;铅面罩计算结果相对误差保持在8%以内,计算时间为39 500 min。光子在体模内眼晶状体中的能量沉积通过MCNPX软件中的能量沉积卡(F6卡)来计算。胡盼盼等<sup>[5]</sup>使用男性体素体模模拟放射工作人员,用水模体模拟患者。本次实验同时采用数字化RPI-AM模拟手术中医生和患者,更贴近现实情况。

### 1.3 医生站位和铅挡板铅帘位置

医生的站姿如图1所示,分别为3种:正面面对病人站立、左转45°、右转45°。X射线源距离地面35 cm,病床高度为102 cm,当医生面对病人时,照射野的中心位置位于医生的竖直转动轴左侧49 cm、前方46 cm处。当医生左转45°时,照射野的中心位置位于医生的竖直中心左侧49 cm、前方67 cm处(图2)。

在TACE介入手术过程中,常在医生左侧加入可移动铅挡板和病床下方加入可移动的铅帘,用于减少X射线对医生身体下部的直接照射。本文建模中,也加入铅挡板和铅帘子(图1中的紫色和浅绿色挡板),左侧铅挡板由两块矩形挡板拼接而成,长和宽

分别为  $76.0\text{ cm}\times 21.4\text{ cm}$  和  $33.4\text{ cm}\times 30.6\text{ cm}$ , 厚度均为  $0.2\text{ cm}$ 。一号挡板中心点位于医生的竖直中心左侧  $36.9\text{ cm}$ 、前方  $75.3\text{ cm}$  处; 二号挡板中心点位于医生的竖直中心左侧  $36.9\text{ cm}$ 、前方  $49.3\text{ cm}$  处。前方覆

盖至病人上方。床下铅帘子尺寸为  $100.0\text{ cm}\times 74.8\text{ cm}$ , 厚度为  $0.2\text{ cm}$  位于病床右下方, 中心点位于医生的竖直中心右侧  $24.0\text{ cm}$ 、前方  $27.3\text{ cm}$  处(图3)。

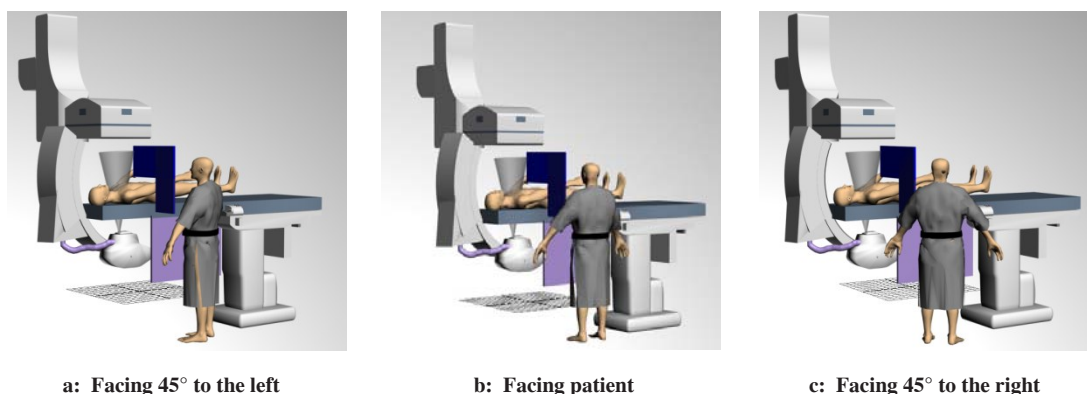


图1 医生站姿示意图

Fig.1 Doctor in different standing postures

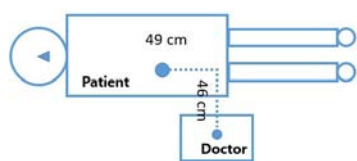


图2 医生与患者距离示意图

Fig.2 Distance between doctor and patient

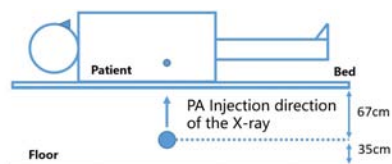


图4 X射线源高度和投射方向示意图

Fig.4 Height and radiation direction of X-ray

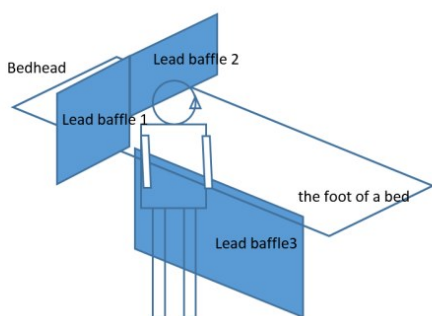


图3 医生与挡板位置示意图

Fig.3 Diagram about doctor and lead baffle

#### 1.4 射线条件

本次模拟中X射线从下往上, 对病人肝脏部位进行照射如图4所示。射线投射方向为后前位PA(Postero-anterior), 射线照射野为  $40\text{ cm}\times 40\text{ cm}$ 。采用  $90\text{ kVp}$  管电压和  $3.5\text{ mm Al}+0.1\text{ mm Cu}$  的总滤过厚度条件下的X射线, X射线能谱由Xcomp5r软件计算得出<sup>[11]</sup>。每次计算时, 控制焦距距为  $70\text{ cm}$ 。

#### 1.5 铅面罩和铅眼镜参数

目前市面上能够防护射线对眼晶状体辐射剂量的设施主要有铅眼镜和铅面罩, 较少文献对这两种

防护措施的防护效果进行比较, 医生在实际选择眼镜屏蔽设施时常缺乏相应的建议和可靠依据<sup>[5,12]</sup>。本次研究模拟医生佩戴铅眼镜、铅面罩以及没有任何防护3种情况的眼晶状体辐射剂量屏蔽措施。统计市面上常见的铅眼镜, 形状多为长方形含铅玻璃薄片, 长和宽比约为  $5:4\sim 3:2$ ; 铅当量在  $0.350\sim 0.700\text{ mmPb}$ , 模拟选取铅眼镜的铅当量为  $0.500\text{ mmPb}$ ; 每块镜片等效面积为  $20.0\text{ cm}^2$  (长方形镜片长  $5.0\text{ cm}$ , 宽  $4.0\text{ cm}$ ), 铅眼镜镜片距离眼球  $2.0\text{ cm}$ , 佩戴方式如图5a所示。铅面罩的铅当量为  $0.125\text{ mmPb}$ , 为包裹面部的半圆柱外周, 等效面积为  $816.4\text{ cm}^2$  (半圆柱面半径  $13.0\text{ cm}$ , 高  $20.0\text{ cm}$ ), 佩戴方式如图5b所示。

## 2 结果

### 2.1 站姿和防护措施对医生眼晶状体年当量剂量值的影响

经过临床调查, 在TACE介入治疗手术期间摄影模式和透视模式交替进行, 透视模式时间约为  $10\text{ min}$ 。医生只在透视模式时需要暴露在放射环境中, 大约  $10\text{ min}$ 。1年需要进行约650台手术, 总暴露时长约  $3.9\times 10^5\text{ s}$ 。通过MC模拟结果换算, 得到不同站



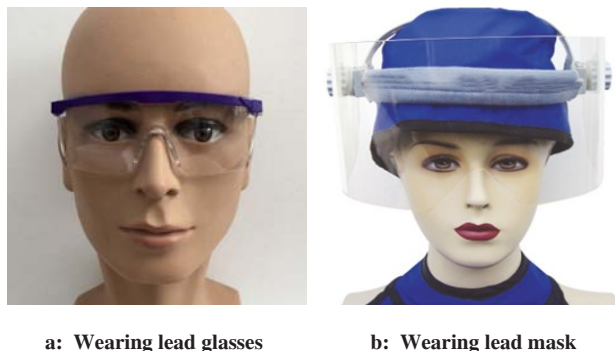


图5 铅眼镜(铅当量为0.500 mmPb)和铅面罩(铅当量0.125 mmPb)佩戴示意图

**Fig.5 Illustration of a person wearing lead glasses and lead mask**  
Lead equivalent of lead glasses was 0.500 mmPb; lead equivalent of lead mask was 0.125 mmPb.

姿和不同辐射防护措施下医生眼晶体年平均当量剂量(表1)。

表1数据显示,在无防护的情况下面对病人,医生眼晶状体的年当量剂量79.90 mSv。在Dauer等<sup>[13]</sup>报道中眼晶体年剂量当量在5.20~89.90 mSv,本次模拟结果处在范围内。佩戴铅眼镜情况下,医生眼晶

状体的年当量剂量为31.47 mSv,为无防护情况的39.4%。而无防护和佩戴铅眼镜时,医生眼晶状体年当量剂量均大于2014年IAEA新修订的IBSS关于眼晶状体年剂量限值20 mSv。当医生佩戴铅面罩时眼晶状体的年当量剂量降低为19.60 mSv,为无防护情况的24.5%,小于IBSS眼晶状体年剂量限值20 mSv。说明医生在TACE介入治疗手术中,铅面罩相对于铅眼镜能起到更好的防护效果。

胡盼盼等<sup>[5]</sup>报道介入放射人员佩戴0.500 mmPb,单片面积20.0 cm<sup>2</sup>铅眼镜时,眼晶体剂量约为10 mSv。本文得到结果约为胡盼盼等研究的3倍,其原因主要有两点:一是由于每年手术数量不同,胡盼盼文中每年手术数量为270台,本文模拟每年手术数量约为650台;二是本文模拟过程中,加入医生与射线源之间的铅挡板,而胡盼盼文中并没有加入。不同手术数量和不同建模造成本文佩戴铅眼镜情况所得结果与胡盼盼文中存在差异。Koulorava等<sup>[14]</sup>提到当正面面对病人时,铅眼镜防护的降低系数为3.33,本文结果为2.54,主要原因是本文添加了铅帘和铅挡板,已经遮挡一部分入射光子,造成铅眼镜的防护效果不够明显。

表1 不同站姿时医生佩戴铅眼镜、铅面罩、无防护下医生眼晶状体的年当量剂量

**Tab.1 Annual dose equivalent to eye lens of doctor in different standing postures with lead glasses, or lead mask, or no protection**

Standing posture	No protection		Lead glasses			Lead mask		
	Annual dose equivalent	Statistical uncertainty	Annual dose equivalent	No protection/ Lead glasses	Statistical uncertainty	Annual dose equivalent	No protection/ Lead mask	Statistical uncertainty
	/mSv	%	/mSv		%	/mSv		%
Left 45°	88.85	1.06	23.75	3.74	2.18	20.79	4.27	2.07
Facing patient	79.99	1.14	31.47	2.54	1.80	19.60	4.08	2.17
Right 45°	40.41	1.74	40.14	1.01	1.76	11.31	3.57	3.03

在左转45°时医生眼晶状体年当量剂量在无防护、佩戴铅眼镜和佩戴铅面罩时依次降低,表明铅眼镜存在一定的防护效果,但铅面罩的防护效果优于铅眼镜的防护效果。但在右转45°时,医生佩戴铅眼镜时的眼晶状体年剂量当量约等于无防护情况,这是由于右转45°时,医生左侧对放射源,眼晶状体受到的剂量主要来自从病人身体散射出来的光子,且正对眼睛的光子较少,而铅眼镜镜片面积小且与眼球四周存在空隙,因此铅眼镜对从镜片侧面方向散射进来的光子无明显防护效果。铅面罩面积大且对面部存在包围效果,无论是正对眼睛的光子还是侧面散射进来的光子都有很好的防护效果。

无防护时,左转45°、正面面对、右转45°的眼晶状体年当量剂量依次递减,这是因为放射源在医生左前方,病人床下;随着医生面对方向从左到右,入射的眼晶体的散射X射线逐渐降低;佩戴铅眼镜时,3种站姿所受到的剂量相似,主要因为铅眼镜能屏蔽放射源正对眼镜入射的散射X射线,而不能有效防护侧面散射X射线;佩戴铅面罩时,3种站姿所受年当量剂量均很低,因为铅面罩能有效地屏蔽各种方向的放射源散射X射线。可见无防护情况下,医生的站姿方向对眼晶状体的辐射剂量水平具有较大影响,这种现象在以往的研究中比较少见,而且值得引起关注。

2.2 站姿和防护措施对医生左右眼晶状体吸收剂量率的影响

在相同射线条件和建模情况下,计算不同站姿和不同防护措施下左右眼的剂量率进行对比,得到结果如表2所示。

对比表2中数据可以发现,无防护情况下,左转45°时,右眼晶体剂量率大于左眼,而其他两种站姿时,右眼均小于左眼。这是因为医生眼晶体主要受到的剂量来自于从病人身上散射的X射线,越靠近放射源,散射到医生身上的X射线越多。左转45°时,射线源位于医生的右侧,右眼更靠近射线源,且右眼更靠近病人,散射的X射线也较大,故剂量率较大;而正面面对医生时,左眼与射线源的距离大于右眼与射线源距离,两者距离病人相似,故右眼晶体吸收剂

量率小于左眼;右转45°时,左侧对放射源,放射源的影响较小且相似,而左眼更靠近病人,受到较大的散射剂量,故左眼的吸收剂量率大于右眼。

佩戴铅眼镜情况下,左转45°时,左眼剂量率小于右眼;正面面对时,左眼剂量率与右眼相当,略大于右眼;右转45°时,左眼剂量率远大于右眼(表2)。较左转45°情况,左眼剂量率会增加92%(正面面对)和281%(右转45°),增加幅度较大。这是由于铅眼镜有效屏蔽正对眼睛入射的散射X射线,左转45°时,右眼更靠近病人,侧面入射X散射射线较强,所以右眼晶状体吸收剂量率大于左眼晶状体。佩戴铅面罩时,依然出现和铅眼镜类似的趋势,但是剂量水平明显减少,这说明佩戴铅面罩时,来自散射的射线影响并没有完全消除,但是被大大减小了。

表2 不同站姿佩戴铅眼镜、铅面罩、无防护下医生左眼和右眼晶体吸收剂量率

Tab.2 Absorbed dose rate of left and right eye lens of doctor in different standing postures, with lead glasses, or lead mask, or no protection

Standing posture and protection	Left eye lens			Right eye lens		
	Absorbed dose rate /( $\mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Radio to no protection	Relative error /%	Absorbed dose rate /( $\mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Radio to no protection	Relative error/%
Left 45°, no protection	0.192 2	1.00	1.66	0.263 5	1.00	1.39
Facing patient, no protection	0.259 5	1.00	1.44	0.150 7	1.00	1.84
Right 45°, no protection	0.183 6	1.00	1.85	0.023 6	1.00	4.80
Left 45°, lead glass	0.048 5	3.97	3.30	0.073 4	3.59	2.89
Facing patient, lead glass	0.091 6	2.83	2.40	0.069 8	2.16	2.72
Right 45°, lead glass	0.183 1	1.00	1.88	0.022 7	1.04	4.91
Left 45°, lead mask	0.043 8	4.39	3.14	0.062 8	4.19	2.75
Facing patient, lead mask	0.065 5	3.96	2.77	0.035 0	4.30	3.47
Right 45°, lead mask	0.047 6	3.86	3.31	0.010 4	2.26	7.42

Koukorava 等<sup>[15]</sup>指出佩戴铅眼镜时,在右转45°情况下,左眼防护降低系数为1.02,右眼防护降低系数为1.14,而本文中,左眼系数为1.00,右眼系数为1.04,与其结果相近。然而Koukorava文中左眼系数小于右眼,而本文中左眼与右眼防护降低系数相近,可能是由于本文铅挡板与射线源的角度产生了对眼晶体散射射线加强的效果。Moore 等<sup>[16]</sup>提到右转时,佩戴铅眼镜反而提高了医生铅眼镜剂量,这是来源于镜片的二次散射,本文中的铅挡板也起到了类似的作用,造成左眼防护系数不高。

3 结 论

铅眼镜能较好地屏蔽正面入射射线,但是对于

侧面散射射线防护效果不明显;铅面罩可以有效屏蔽正面入射射线和侧面散射射线。若医护人员在TACE手术中不采取防护措施,按照目前较多频次手术的状况,眼晶体的年当量剂量将高于20 mSv的限值。据目前调查,医护人员进行TACE手术过程中,对于身体的防护基本仅限于铅衣、铅帽和铅脖领,普遍没有佩戴铅眼镜或者铅面罩等眼部防护工具,长此以往,对眼晶状体的危害会累积致病。还需要提高医生对眼晶体的防护意识,并在手术过程中采取一定的防护措施:铅眼镜有一定的防护效果,但是对于射线的阻挡并不完全,且重量较大,压迫鼻梁不利于医生手术操作;铅面罩防护更佳,固定在头部,较为轻便,且方便不影响医生佩戴近视眼镜,更有对头

部的一部分防护作用,建议医护人员佩戴铅面罩进行TACE手术。若医生没有佩戴铅面罩,左眼受到高剂量率照射的可能性较大且时间较长,故左眼晶体受到随机性效应危害的风险更大,尤其应加强对左眼晶体的保护措施,如提高左眼部位玻璃铅当量等,或佩戴带侧边防护的铅眼镜。

## 【参考文献】

- [1] CANTLEY J L, HANLON J, CHELL E, et al. Influence of eye size and beam entry angle on dose to non-targeted tissues of the eye during stereotactic X-ray radiosurgery of AMD[J]. *Phys Med Biol*, 2013, 58(19): 6887.
- [2] IAEA BSS. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards[M]. Vienna: IAEA, 2014.
- [3] 薛茹, 陈尔东, 鞠金欣. 眼晶状体新剂量限值对介入放射工作人员辐射防护的影响[J]. *中国辐射卫生*, 2015, 24(3): 223-226.  
XUE R, CHEN E D, JU J X. Implications for occupational radiation protection of the interventional radiology staff of the new dose limit for the lens of the eye [J]. *Chinese Journal of Radiological Health*, 2015, 24(3): 223-226.
- [4] O'CONNOR U, GALLAGHER A, MALONE L, et al. Occupational radiation dose to eyes from endoscopic retrograde cholangiopancreatography procedures in light of the revised eye lens dose limit from the International Commission on Radiological Protection[J]. *Br J Radiol*, 2013, 86(1022): 20120289.
- [5] 胡盼盼, 卓维海, 孔燕, 等. 铅眼镜对介入放射工作人员眼晶状体的防护效果研究[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2014, 34(12): 927-930.  
HU P P, ZHUO W H, KONG Y, et al. Shielding effect of lead glasses on eye lens exposure in interventional radiologists [J]. *Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection*, 2014, 34(12): 927-930.
- [6] VAN ROOIJEN B D, DE HAAN M W, DAS M, et al. Efficacy of radiation safety glasses in interventional radiology[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2014, 37(5): 1149-1155.
- [7] KONG Y, STRUELENS L, VANHAVERE F, et al. Influence of standing positions and beam projections on effective dose and eye lens dose of anaesthetists in interventional procedures[J]. *Radiat Prot Dosim*, 2015, 165(1-4): 276-278.
- [8] PELOWITZ B. Mcnpx user's manual [M]. Los Alamos: Los Alamos National Laboratory, 2005: 1-79.
- [9] XU X, CHAO T, BOZKURT A. VIP-man: an image-based whole-body adult male model constructed from color photographs of the visible human project for multi-particle Monte Carlo calculations [J]. *Health Phys*, 2000, 78(5): 476-486.
- [10] ZHANG J, NA H, CARACAPPA F, et al. RPI-AM and RPI-AF, a pair of mesh-based, size-adjustable adult male and female computational phantoms using ICRP-89 parameters and their calculations for organ doses from monoenergetic photon beams[J]. *Phys Med Biol*, 2009, 54(19): 5885-5908.
- [11] NOWOTNY R, HOFER A. Program for calculating diagnostic X-ray spectra [J]. *Fortschr Rontgenstr*, 1985, 142(6): 685-689.
- [12] 刘代菊, 周帮建, 艾显淑. X线防护用品对介入手术操作人员防辐射的意义[J]. *重庆医学*, 2014, 43(13): 1579-1583.  
LIU D J, ZHOU B J, AI X S. The significance of anti-radiation with X-ray protective equipment for radiological intervention operation personnel [J]. *Chongqing Medicine*, 2014, 43(13): 1579-1583.
- [13] DAUER L, THORNTON R, SOLOMON S, et al. Unprotected operator eye lens doses in oncologic interventional radiology are clinically significant: estimation from patient kerma-area-product data [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2010, 21(12): 1859-1861.
- [14] KOUKORAVA C, CARINOU E, SIMANTIRAKIS G, et al. Doses to operators during interventional radiology procedures: focus on eye lens and extremity dosimetry [J]. *Radiat Prot Dosim*, 2011, 144(1-4): 482-486.
- [15] KOUKORAVA C, FARAH J, STRUELENS L, et al. Efficiency of radiation protection equipment in interventional radiology: a systematic Monte Carlo study of eye lens and whole body doses [J]. *J Radiol Prot*, 2014, 34: 509-528.
- [16] MOORE W, FERGUSON G, ROHRMANN C. Physical factors determining the utility of radiation safety glasses [J]. *Med Phys*, 1980, 7(1): 8-12.

(编辑:陈丽霞)

## 本刊被日本科学技术振兴机构数据库(JST)收录

最近经检索《日本科学技术振兴集团(中国)数据库》(JSTChina)网站(<http://jdream3.com/guide/inclusion.html>),该数据库新增加187种(含更名)中国期刊,本刊名列其中。日本科学技术振兴机构数据库(原日本科学技术社数据库)是在日本《科学技术文献速报》(被誉为世界六大著名检索期刊)的基础上发展起来的网络版,由日本科学技术振兴机构于2007年首次出版。目前该库共收录我国优秀期刊近千种。

2016年起本刊改为月刊,稿件刊发速度明显加快,稿源质量和编校质量进一步提升。编辑部正积极申请该刊被更多更权威的国际数据库收录,从而使在该刊发表的论文被国外同行阅读和应用。