

被ばく線量推計ソフトを用いた実践セミナー

市立横手病院 診療放射線科 法花堂 学(Hokkedo Manabu)

【はじめに】

線量限度がない放射線診療に携わる立場として、被ばくによるリスクを最小限にして診断に有益な情報提供を行い、ベネフィットが最大となるよう努める義務がある。昨年J-RIMEより診断参考レベル(DRLs2015)が公表され、自施設における各モダリティの線量を把握する事が我々に求められた。また、近年、医療に対する更なる安全性が求められ、臨床の場で患者さんから被ばく線量や人体への影響について問われる事も珍しくない状況である。我々は線量測定や防護の方法などを正しく理解し、対応する知識を持つ必要がある。被ばく線量の測定は専用ファントムや線量計による実測が基本であるが、高額なため多くの施設では入手が困難と推測する。しかし近年、PC上で計算可能な被ばく線量推計ソフトが用いられるようになった。本セミナーは、これらを用いた一般撮影・一般透視・CTにおける被ばく線量推計を体験するハンズオンである。

【被ばく線量推計ソフトについて】

線量推計ソフトは、臨床で使用する撮影条件を入力することで、入射表面線量(率)や放射線影響評価に用いる組織・臓器吸収線量、実効線量等が迅速・かつ簡便に求められ、各モダリティに応じた様々なものが有料または無料で入手可能である(Table 1)。

PCXMCはWindowsベースのモンテカルロ計算プログラムで、フィンランドのSTUKのWebサイトで

入手できる。他のソフトと比較して、患者体格、撮影部位、撮影方向が任意に設定可能で、一般撮影・一般透視・血管撮影と幅広く応用可能で汎用性が高い。患者体格、照射X線の幾何学的データの入力画面で、人体アイコンとX線画像を参照し、体格(体厚)から推定した入射皮膚面の照射範囲を決定後、シミュレーションを実行する。つづいて、X線スペクトルに関連する管電圧・ターゲット角度・総ろ過を入力し、その後入射線量の入力および単位の選択で、入射線量(mGy)、組織・臓器吸収線量(mGy)、実効線量(mSv)が得られる(Table 2)。推計したデータはMS-Excelで取得可能である。

ImPACTもWindowsベースのモンテカルロ計算プログラムで、英国のCT性能評価グループが提供するソフトである。その使用にはImPACTのwebサイトからMS-excel形式のSpreadsheetとHPAが提供する有料のモンテカルロデータセットを入手し、両者を組み合わせて使用可能となる。データセットは1989年当時の23CT装置がベースとなり、これらの装置のCTDIair、CTDIcenter、CTDIperipheryの値から算出したImPACT係数(ImF)が同等な装置であれば、現在の装置とデータセットを共有できる。これをマッチングといい、現在8メーカー、188機種に対応している。線量推計の手順は、人体アイコンからスキャン範囲を決定し、装置メーカー、装置名、スキャン部位(HEAD/BODY)、コリメーションを選択、管電流(mA)、管球回転時間(sec)、ピッチファクターの数値を入力することで、CTDIvol(mGy)、DLP(mGy・cm)、組織・臓器吸収線量(mGy)、実効

Table 1 線量推計ソフト

	購入価格	一般撮影	透視検査	血管撮影 IVR	CT
ImPACT	50ポンド				○
WAZA-ARI	無料				○
PCXMC	750ユーロ	○	○	○	
EPD	無料	○			
SDEC	無料	○			

Table 2 PCXMCの計算結果

X-ray tube potential: 70 kV		Anode angle: 12 deg		Filtration: 2.5 mm Al + 0.2 mm Cu			
File:	E:\u1e24\1e24\1e24\PCXMC\0101\1e24_en2						
Phantom:	Adult_Arms_included	Simulation:	Photons/Energy level:	100000	Maximum energy:	150 keV	
Projection angle:	(LAT)=45°(PA)=90°(LATR)=180°(AP)=270°	30.000	Dist. angle:	0.000			
Field width:	30.68 cm	and height:	30.68 cm	FSD:	156.020 cm	Ref. point (x,y,z[cm]):	(0.290, 8.706, 51.668)
Phantom height:	171.400 cm	and mass:	63.300 kg	Scaling factors: sx(=y):	0.949	and sz:	0.960
Incident air kerma:	0.114 mGy	Tube voltage:	70 kV	Filter:	2.5 mm Al + 0.2 mm Cu		
Organs	Dose (mGy)	Error (%)	Organs	Dose (mGy)	Error (%)		
Active bone marrow	0.030292	0.2	(Scapulae)	0.392288	0.6		
Adrenals	0.083425	3.0	(Clavicles)	0.038053	3.1		
Brain	0.000322	4.4	(Ribs)	0.223214	0.4		
Breasts	0.019911	1.7	(Upper arm bones)	0.030658	1.5		
Colon (Large intestine)	0.000592	5.9	(Middle arm bones)	0.023359	1.4		
(Upper large intestine)	0.000937	6.3	(Lower arm bones)	0.001428	5.0		
(Lower large intestine)	0.000135	17.3	(Pelvis)	0.000256	7.7		
Extrathoracic airways	0.003150	12.9	(Upper leg bones)	0.000007	48.2		
Gall bladder	0.004738	6.2	(Middle leg bones)	0.000000	NA		
Heart	0.031592	1.1	(Lower leg bones)	0.000000	NA		
Kidneys	0.010143	1.9	Skin	0.015607	0.5		
Liver	0.027733	0.8	Small intestine	0.000627	4.7		
Lungs	0.086591	0.4	Spleen	0.044863	1.7		
Lymph nodes	0.016448	0.8	Stomach	0.012363	2.2		
Muscle	0.018954	0.1	Testicles	0.000000	NA		
Esophagus	0.041667	2.1	Thymus	0.014322	5.4		
Oral mucosa	0.000908	15.6	Thyroid	0.007875	10.3		
Ovaries	0.000000	NA	Urinary bladder	0.000025	79.0		
Pancreas	0.029437	2.0	Uterus	0.000109	29.5		
Prostate	0.000000	NA					
Salivary glands	0.001950	6.0	Average dose in total body	0.021609	0.1		
Skeleton	0.056150	0.2	Effective dose (CRP60) (mSv)	0.021911	0.4		
(Skull)	0.002169	4.2	Effective dose (CRP103) (mSv)	0.024151	0.4		
(Upper Spine)	0.015949	3.3					
(Middle Spine)	0.206356	0.4					
(Lower Spine)	0.006874	3.8	Abs. energy fraction (%)	66.718810			

Table 3 線量推計結果の表示

Organ	w_T	H_T (mGy)	$w_T \cdot H_T$
Gonads	0.08	0.033	0.0027
Bone Marrow	0.12	9.9	1.2
Colon	0.12	0.25	0.03
Lung	0.12	43	5.1
Stomach	0.12	4.8	0.57
Bladder	0.04	0.017	0.00069
Breast	0.12	36	4.3
Liver	0.04	7.7	0.31
Oesophagus (Thymus)	0.04	52	2.1
Thyroid	0.04	3	0.12
Skin	0.01	6.6	0.066
Bone Surface	0.01	19	0.19
Brain	0.01	0.13	0.0013
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.13	0.0013
Remainder	0.12	11	1.3
Not Applicable	0	0	0
Total Effective Dose (mSv)			15

Remainder Organs	H_T (mGy)
Adrenals	9.2
Small intestine	0.3
Kidney	1.8
Pancreas	6.6
Spleen	5.4
Thymus	52
Uterus / Prostate (Bladder)	0.035
Muscle	7.1
Gall Bladder	2.3
Heart	43
ET region (Thyroid)	3
Lymph nodes (Muscle)	7.1
Oral mucosa (Brain)	0.13
Other organs of interest	
Eye lenses	0.15
Testes	0.00088
Ovaries	0.066
Uterus	0.053
Prostate	0.017

線量 (mSv) が簡便に得られる (Table 3)。ICRPpublication87では、CT検査における組織・臓器吸収線量 (10~100 mGy) は、放射線診断検査の中で最も高い部類に入る。CT検査は繰り返し施行される傾向がある点を考慮すると、がんの発生率増加が人間集団において直接観察された線量レベルにしばしば近いが、又はそれを超えることがありうる。と述べられており、組織・臓器線量の把握に有用なツールであると考えられる。

【取り扱う際の留意点】

PCXMCの使用は、X線発生装置の精度管理が十分なされていることが前提条件となる。また、四肢の計算ができない、後方散乱が加味されていない事を知っておく必要がある。また、ImPACTは64列を超える装置をはじめ、使用装置が制限される、欧米人の平均体格で推計するため過小評価になる、ガントリを傾斜した計算ができない、AECに対応していない、小児には係数を乗じる必要がある、などが挙げられる。

【セミナー概要】

PCXMCおよびImPACTの解説および操作方法のデモを行い、参加者が事前に入手した自施設の撮影パラメータに基づき、一般撮影系の入射表面線量(mGy)、一般透視の透視線量率(mGy/min)、CTDIvol(mGy)、DLP(mGy・cm)、組織・臓器吸収線量(mGy)、実効線量(mSv)を推計し、得られたデータを持ち帰っていただいた。尚、操作のサポートを

担当する4名のインストラクターを配置した。

【さいごに】

本セミナーでは期待した参加者人数には及ばなかったが、「初めて線量計算ソフトを体験し、実習についていけるか不安だったが、少人数で、ほぼ1対1で丁寧に教えていただいたのでとてもわかりやすかった。」「有料のソフトだと、自施設のデータを入力して線量計算を行う機会はほとんどなく、このような機会に恵まれて改めて自施設の線量や条件を見直す良い機会になった。」「他のソフトの使用も検討したい」等の感想をいただいた。

DRLsとの対比、患者被ばくの管理は、診療放射線技師として避ける事の出来ない責務である。そのうえで、被ばく線量推計ソフトは簡便に結果が得られ、『線量計がないので被ばく線量がわからない』『測定が難しそう』と感じる方にとって、自施設の各モダリティの線量を把握する事を身近に感じていただけるものとする。尚、一般撮影系では茨城県診療放射線技師会webサイトから入手可能なEPD、CTでは放射線医学総合研究所、日本原子力研究開発機構、大分県立看護科学大学の3機関により共同研究されたweb上で推計可能なWAZA-ARIが無料で使用可能である。これらも、自施設の被ばく管理に役立つ有用なツールと考える。

本大会において、このような機会をいただいた大会関係者の皆様、インストラクターとしてご協力いただいた皆様に、この場をお借りして御礼申し上げます。