

「当院での被ばく線量低減の工夫 ODM (Organ Dose Modulation)の基礎的検討」

大阪赤十字病院 加賀久喜

はじめに

近年 CT の性能は飛躍的な進歩を遂げており、これに伴い検査件数の増加、適応も拡大している。我々、診療放射線技師は、臨床的に有用な情報が得られる範囲で必要最小限の被ばく線量にとどめる「ALARA」の原則に従って検査を行うことが求められているが、CT 検査の場合、組織による放射線感受性を考えると人体前面に集中する高感受性組織である「水晶体」・「甲状腺」・「乳腺」に注意しなければならない。検査時これらの臓器は X 線束内に存在してしまうが、これらが CT 検査の対象となることは少なく、よって関心臓器でない臓器が受ける不随的な被ばく線量の低減を図ることが重要となる。

当院に 2015 年 10 月に導入された Revolution GSI はこのような放射線感受性の高い体表臓器に対して、患者前面での被ばく線量を低減するための新しい機構として Organ Dose Modulation (ODM) が搭載されている。ODM は放射線感受性の高い臓器に対しての被曝ばく線量の低減を目的に開発されたスキャン方法である。この手法の特徴は、Auto Exposure Control (AEC) の技術を用いて、水晶体や乳腺などの放射線感受性の高い臓器に入る管電流を低くなるよう変調を行うことにより放射線感受性の高い臓器が存在する体の前面側の管電流をさらに低減している。^{1,2}

ODM は頭部と胸部 2 つの撮影モードが搭載されている。頭部 ODM では水晶体の被ばくを低減しさら前脳などの部位に影響が及ばないようにアイソセンターより上方に片側 45 度ずつ計 90 度方向の管電流を調整する。同様に胸部モードでは乳腺の被ばく線量を低減させるため約 180 度前方の管電流を調整する。両撮影モードともアイソセンターより上方の管電流を調整するため通常の AEC と同様に患者のポジショニングが重要となる。³ (図 1)

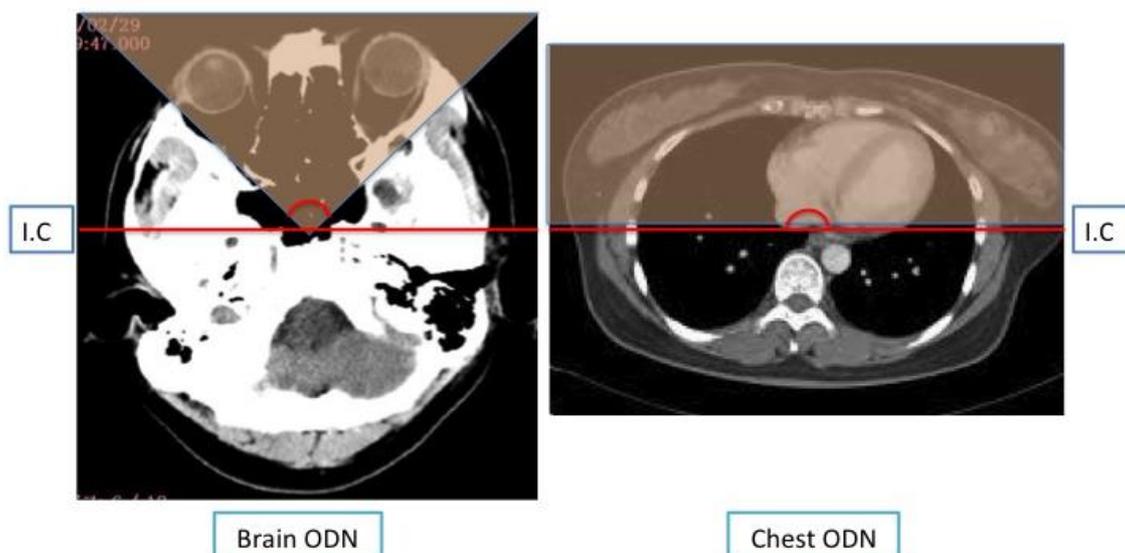


図 1 : ODM 作動領域

使用機器・撮影条件

使用装置は GE Healthcare 社製 Revolution GSI を使い、ファントムは Phantom Laboratory 社製 Catphan Phantom CTP-500 を使用した。(図 2)

撮影条件は (表 1) に示す。

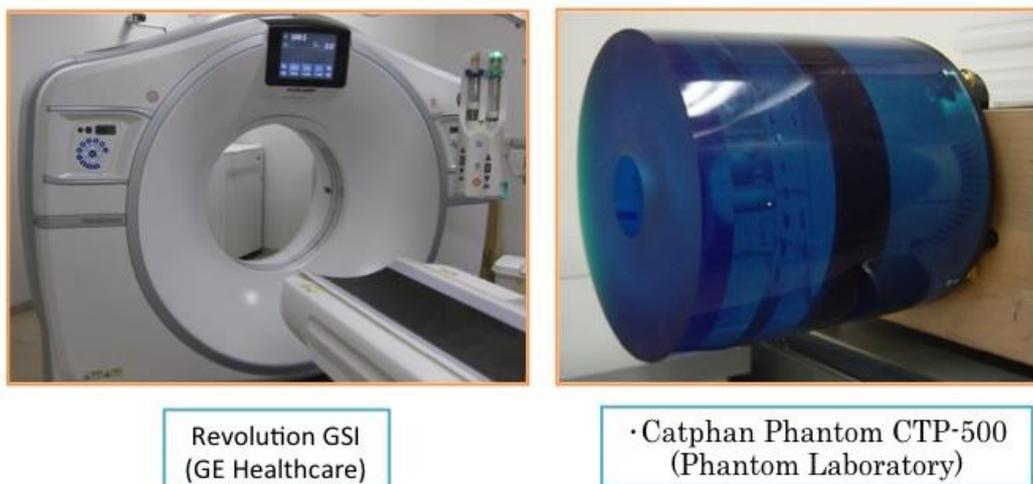


図2: 使用機器

	Brain	Chest
kv	120	120
NI	3.0	10.0
sec	1.0	0.5
HP	0.531	0.984
S_Fov	32	50
D_Fov	25	25
Beam collimation(mm)	20	40
kernel	Stndard plus/bone	Stndard plus/HD bone
thickness(mm)	5	5
Asir(%)	30	30
ODM	ON/OFF	ON/OFF

表1: 撮影条件

実験方法

ノイズの評価として Catphan Phantom CTP-500 の 486module を用い、図 3 に示す位置に RO (Region of Interest) を設定しそれぞれの CT 値の標準偏差値の SD (Standard Deviation) にて ODM の ON と OFF の評価を行った。

ファントム内の ODM 動作点は頭部 ODM で ROI①・⑧、胸部 ODM で①・②・⑦・⑧となっている。
(図 3)

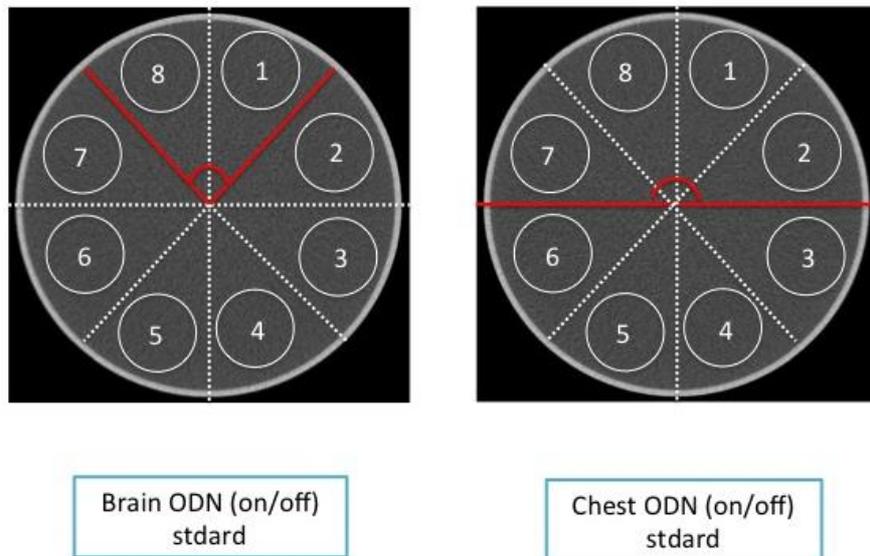


図3:SD測定

空間分解能の評価として Catphan Phantom CTP-500 の 528module を用い、① 5Line Pair/mm ・ ② 4Line Pair/mm ・ ③ 3Line Pair/mm の Ladder のプロファイルカーブを描き ODM の ON と OFF のその振幅形状を評価した。(図 4)

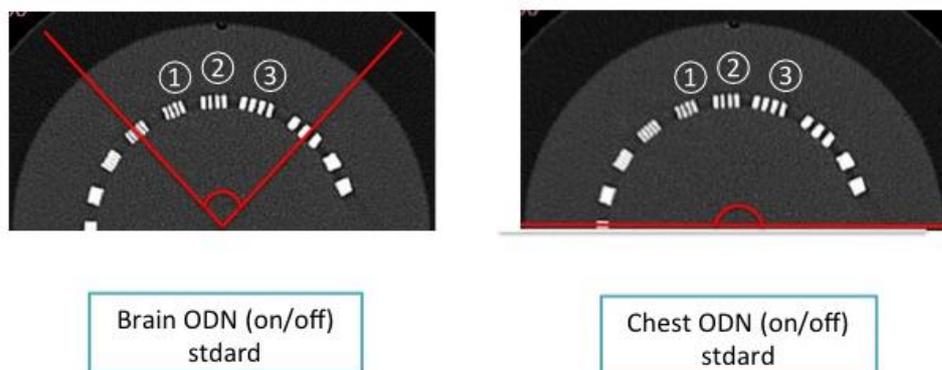


図4:高コントラスト分解能

低コントラスト分解能の評価として Catphan Phantom CTP-500 の 515module を用い頭部 ODM では 0.3%/8.0mm のモデルを用い ODM の ON と OFF の CNR (Contrast-to-Noise Ratio) の評価を行った。同様に胸部 ODM では 0.5%/15mm のモデルを用い評価を行った。(図 5)

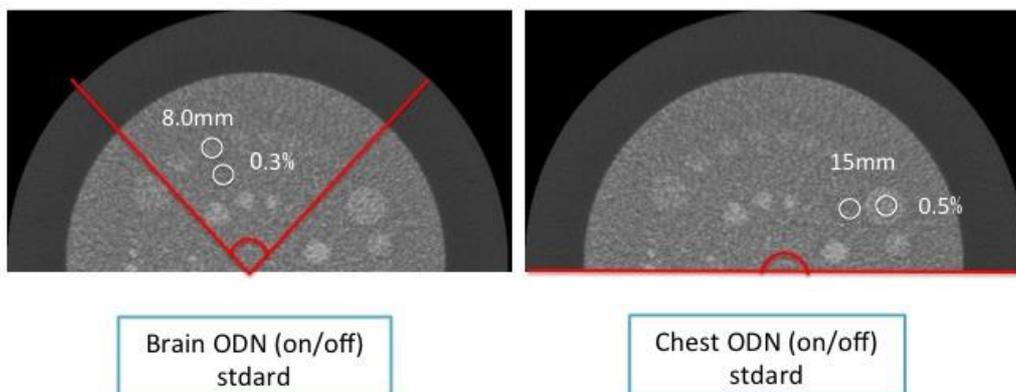


図5: 低コントラスト分解能(CNR)

臨床画像の評価として頭部 ODM の ON と OFF の画像を取得しその画像の比較及び水晶体部の頭部 ODM の ON と OFF させた時の SD 値と CTDIvol と DLP (Dose-Length Product) の値を比較した。(図 6)

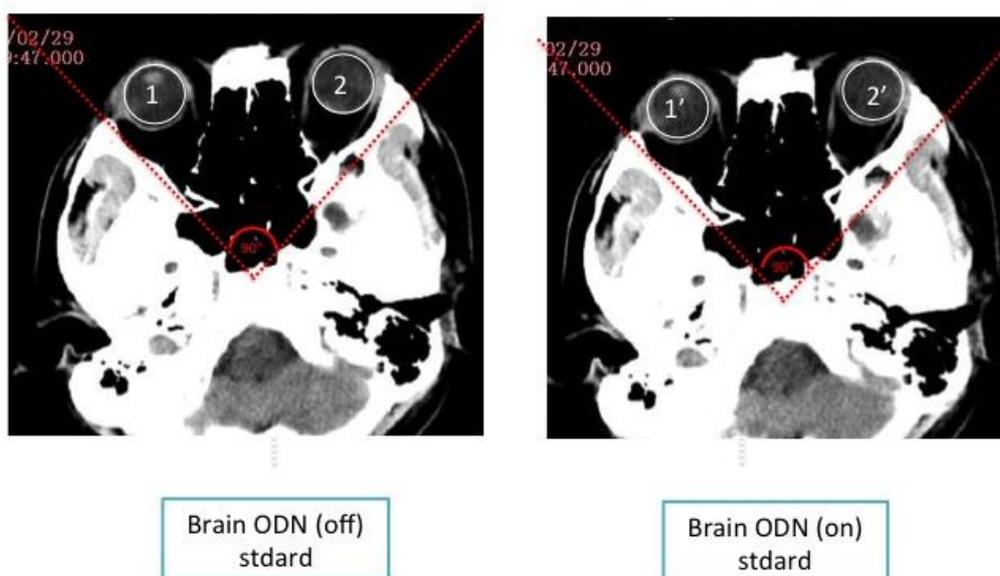


図6: 臨床画像

結果

頭部 ODM モード ON/OFF 時で撮影された Catphan Phantom の mA テーブルを示す(表 2)。ODM on で A (Anterior) 方向の管電流が調整されており被ばく線量も CTDIvol、DLP 共に約 11%低減されている。

胸部 ODM モード ON/OFF 時で撮影された Catphan Phantom の mA テーブルを示す(表 3)。ODM on で A・L (Left)・R (Right) 方向の管電流が調整されており被ばく線量も CTDIvol、DLP 共に約 32%低減されている。

Scan#	A	L	P	R	Scan#	A	L	P	R
1	128	151	128	151	1	89	127	128	126
2	123	134	123	134	2	86	85	123	91
3	81	81	81	81	3	52	63	81	62
4	80	77	80	77	4	55	66	77	63
5	83	79	83	79	5	58	67	80	66
6	83	79	83	79	6	58	67	83	67
7	77	74	77	74	7	46	45	79	57
8	10	10	10	10	8	66	50	79	57

ODM off (CTDIvol:4.46mGy DLP:127.55)	ODM on (CTDIvol:3.02mGy DLP:86.54)
---	---------------------------------------

表3: 胸部ODM mAテーブル

Scan#	A	L	P	R	Scan#	A	L	P	R
1	302	359	302	359	1	211	359	302	359
2	302	359	302	359	2	179	359	302	322
3	297	254	297	254	3	208	231	297	254
4	297	254	297	254	4	208	254	297	254
5	296	254	296	254	5	143	254	261	215
6	204	205	204	205	6	127	205	196	187
7	181	180	181	180	7	125	180	180	178
8	179	177	179	177	8	125	177	178	176
9	184	180	184	180	9	128	176	179	178
10	189	183	189	183	10	132	180	186	183

ODM off CTDIvol:75.73mGy DLP:1977.77mGy*cm	ODM on CTDIvol:67.21mGy DLP:1755.23mGy*cm
--	---

表2: 頭部ODM mAテーブル

頭部 ODM モード ON/OFF 時で撮影された 486module の SD 値を示す。(図 7)。ODM の動作するアイソセンターより前方 90 度前方向のみ若干の SD 値の低下を認めるが他の ROI では SD 値に変化は認めない。

胸部 ODM モード ON/OFF 時で撮影された 486module の SD 値を示す(図 8)。ODM の動作するアイソセンターより前方 180 度方向及び後方 180 度方向の SD 値の低下を認め、その変化の割合は頭部 ODM より大きい。

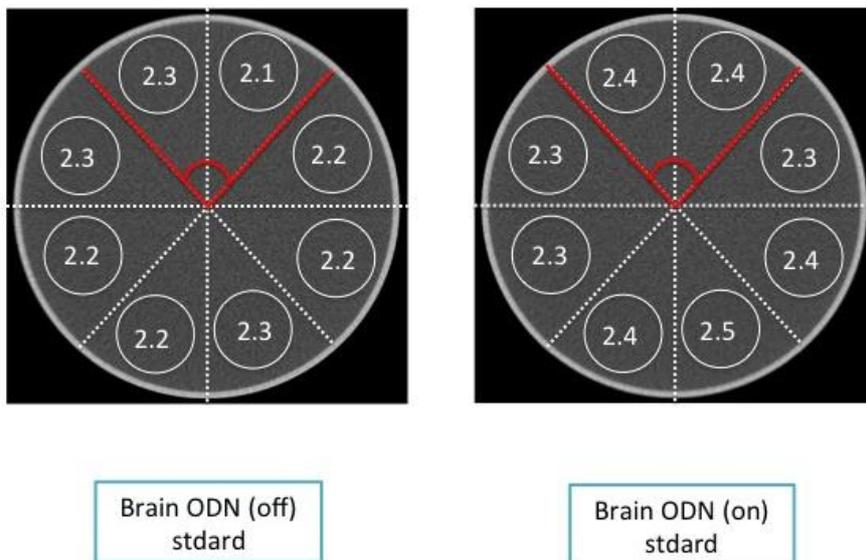


図7:頭部ODM SD測定

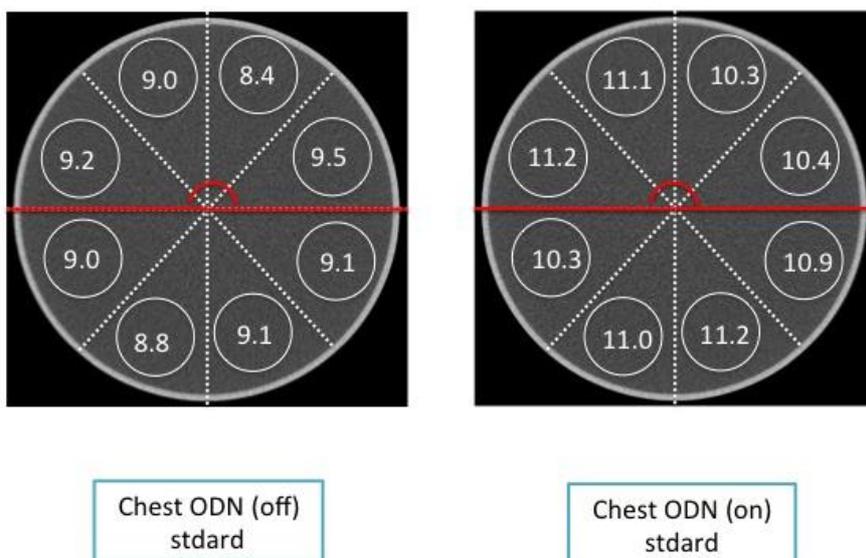


図8:胸部ODM SD測定

頭部 ODM モード ON/OFF 時で撮影された 528module のプロファイルカーブを示す(図 9)。各 Ladder において ON/OFF を行っても振幅に差は認めない。

胸部 ODM モード ON/OFF 時で撮影された 528module のプロファイルカーブを示す(図 10)。各 Ladder において ON/OFF を行っても振幅に差は認めない。

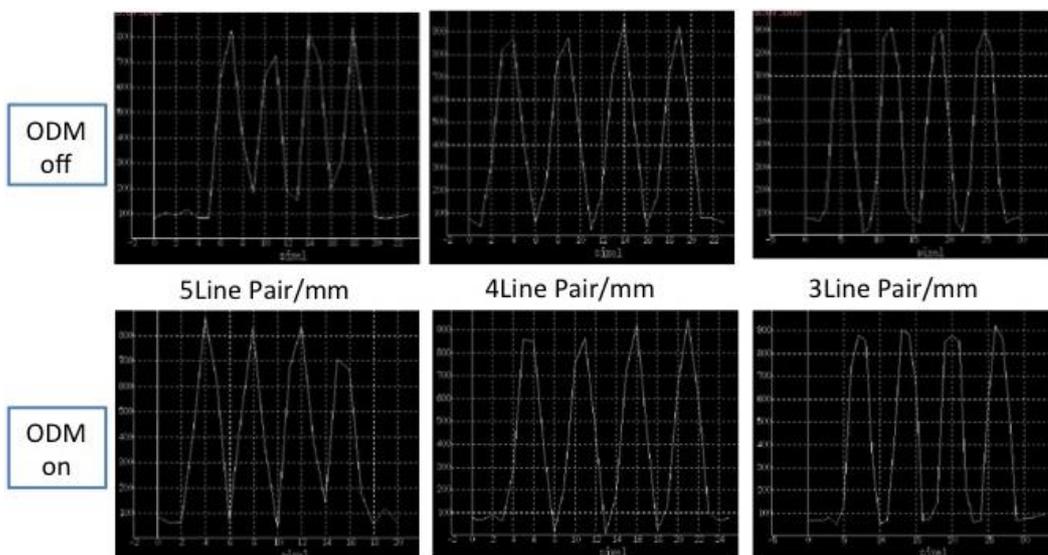


図9:頭部ODM 高コントラスト分解能

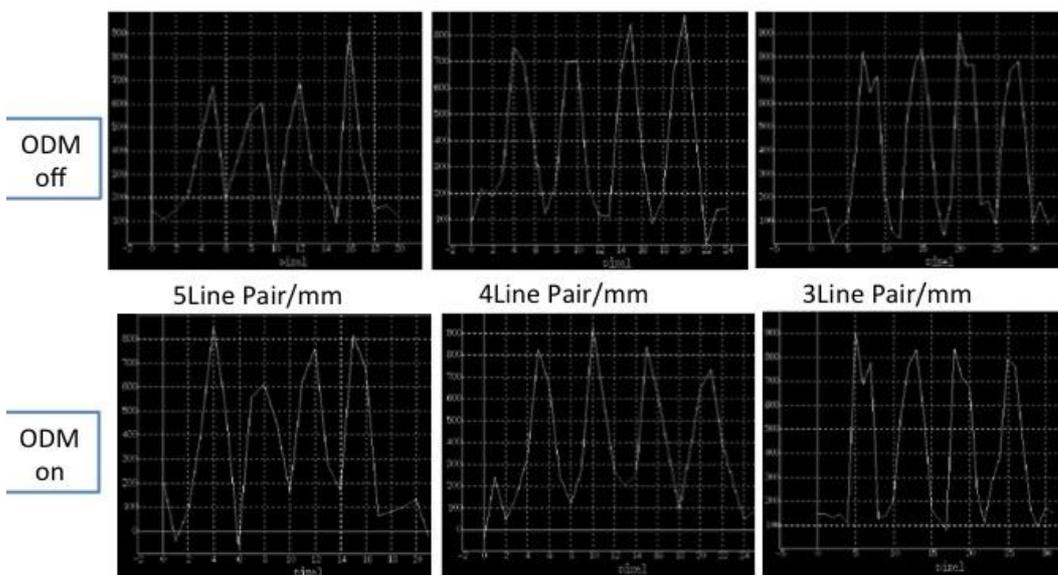


図10:胸部ODM 高コントラスト分解能

515module を用いた CNR を示す (表 4)。頭部 ODM は ODM の ON/OFF 時でも CNR の差は認めないが、胸部 ODM においては約 52% の CNR の低下を認めた。

	ODM off	ODM on
Brain	1.03	1.00
Chest	0.62	0.30

表4: 低コントラスト分解能(CNR)

頭部 ODM の ON/OFF 時の画像及び水晶体の SD と CTDI vol・DLP を示す (図 11) (表 5)。水晶体を含む副鼻腔領域と頭蓋内の脳実質において画像の劣化は認められない。水晶体の SD 値も左右とも ODM の ON/OFF 時においても差は認めない。CTDI vol・DLP 値は ODM を使用することにより 12% の被ばく線量の低減効果を認めた。

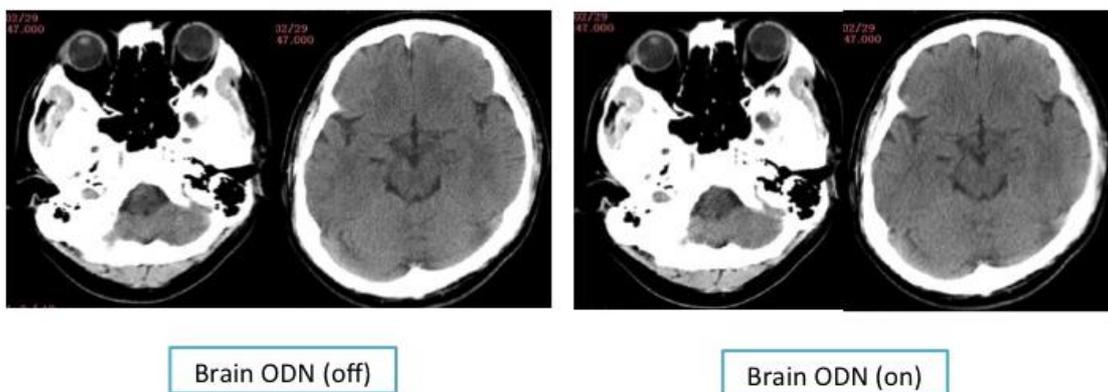


図11: 臨床画像

Brain	①	②	CTDI vol (mGy)	DLP (mGy*cm)
ODM off	13.2	10.0	55.77	424.78
ODM on	13.0	9.9	49.48	376.92

表5: 臨床画像(SD・CTDI vol・DLP)

まとめ

頭部領域においては、ODM を使用することによりファントム実験においてノイズや空間分解能、コントラスト分解能を落とすことなく約 11%の被ばく線量の低減が図られた。また臨床画像においても画質の低下は認めず、約 12%の水晶体被ばくを低減することが可能となり、出血や外傷等で繰り返しフォロー検査が必要な患者には有用である。また、胸部領域においてはファントム実験ではノイズや空間分解能を落とすことなく約 32%の線量低減効果を認めたがコントラスト分解能の若干の低下が表れた。胸部領域で低コントラスト分解を優先するような撮影時には注意が必要であるが、高コントラスト分解能を優先するような肺腫瘍などのフォロー検査では問題とならないであろう。

ODM を使用することにより放射線感受性の高い臓器への被ばく線量を低減することが可能となり、より被ばく線量の低い有益な検査が行えると考ええる。

参考文献

1. Organ Dose Modulation 放射線感受性が高い組織への配慮 GEtoday.vol44
2. 小児 CT における被ばく線量低減への取り組み 日本小児放射線学会雑誌
vol 30 NO.1 2014
3. Organ Dose Modulation(ODM)による水晶体被ばく低減効果の検証 GEtoday.vol45