

第 36 回東京支部秋期学術大会 一般研究発表抄録

日時：令和元年 11 月 2 日（土）

場所：首都大学東京 荒川キャンパス、

「第 1 会場（講堂）」

9：00～10：20 一般研究発表「MR-1」

座長：上山 毅（MR 撮像技術研究班）

座長：北川 久（MR 撮像技術研究班）

1. 多断面同時励起技術を用いた Diffusion Tensor Imaging の高速化および SSIM による比較法の検討

○新川翔太,鈴木雄一,井野賢司,白木尚,阿部修  
東京大学医学部附属病院 放射線部

【目的】脳神経領域において、安定した DTI(Diffusion Tensor Imaging)を得るために MPG 数は 30 軸必要であると言われている。しかし、DTI は MPG 数に比例して撮像時間が延長するという欠点がある。そこで、多断面同時励起技術である SMS(Simultaneous MultiSlice)を使用し、DTI の撮像時間短縮が可能か検討を行った。また、SSIM(Structure Similarity) index および map を用いて構造類似度評価を行い、その有用性を検討した。【方法】対象は健康人男性ボランティア 10 名、使用装置はシーメンス社製 3.0T MRI MAGNETOM Skyra VE11 および 20 チャンネルヘッドネックコイル、解析は GE 社製 Advanced Workstation を使用した。撮像シーケンスは b value=1000(s/mm<sup>2</sup>)、MPG=30 軸とし、SMS を使用しない DTI を従来法とした。従来法を元に SMS factor を 2、3、4 (TR は一定) と変化させて撮像を行った。それぞれの元画像から FA および ADC を作成し、錐体路に ROI を置き定量値比較、視覚評価および SSIM index および map による評価を行った。加えて、TR を最大限短縮した場合も検討し結果を比較した。【結果・考察】TR を一定にした場合、従来法に比べて SMS factor (同時励起枚数)が増加するほど FA 値は低下した。一方で ADC 値は上昇する傾向にあった。視覚評価においても、SMS factor が増加するほど画質の劣化を認めた。TR を最短にした場合は、定量値の変動および視覚的な画質の劣化がより大きくなり、従来法と比較して有意差が見られた。SSIM index の結果は視覚評価と同様の傾向を示した。定量値の変動や画質の劣化は、SMS factor 増加に伴うスライスの展開エラー (leakage factor) が増加したことが原因と考えられる。TR を最短にした場合は、縦磁化の回復不足による信号劣化が考えられるため、過度な TR 短縮は注意が必要である。SSIM は定量値を算出できるだけでなく map を生成でき

るため、具体的に画質の劣化箇所を認識するのが容易であり、有用性が示唆された。【結論】SMS による高速化の臨床利用は十分可能であるが、TR 設定には注意が必要である。今回の検討では、DTI における SMS factor は 2 が適切であった。

2. 歪み低減・補正アプリケーションを用いた拡散強調画像において MPG が幾何学的歪みに及ぼす影響に関する検討

○坂田健太郎<sup>1)</sup>,鈴木雄一<sup>1)</sup>,上山毅<sup>1)</sup>,井野賢司<sup>1)</sup>,白木尚<sup>1)</sup>,阿部 修<sup>2)</sup>

1)東京大学医学部附属病院放射線部 2)東京大学医学部附属病院放射線科

【目的】本研究の目的は MS-EPI シーケンスである Multiplexed Sensitivity Encoding technique (MUSE) および、異なる極性でエンコーディングした画像データで歪み補正を行う PROGRES を使用した場合の各拡散強調画像の幾何学的歪みを複数の b 値でデータを取得し歪みの評価を行い、b 値間でどのような挙動を示すかを検討することである。【方法】本検討には GE 社製 SIGNA Premier 3.0T、コイルは 30ch Air Coil および Spine Coil を使用した。歪み測定用ファントムを SS-EPI (パラレルイメージングファクター: 2,3,4)、SS-EPI+PROGRES、MUSE(shot 数 :2,3,4)、MUSE+PROGRES の計 12 のシーケンスにおいて拡散強調画像を複数の MPG で撮像し (b 値: 0, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 sec/mm<sup>2</sup>) それぞれの拡散強調画像に対して NEMA の測定方法を参考に歪み率を算出した。【結果】歪み率を測定した結果は SS-EPI パラレルイメージングファクター 2 で最大 16.8 % となり、MUSE 4shot+PROGRES で最小 4.0 % となった。いずれのシーケンスにおいても b 値間で歪み率はほぼ変わらず、SS-EPI の場合も MUSE の場合も同様の挙動を示した。MUSE の shot 数が多くなるほどファントム全体の形状は円形に近づき、歪み率は低減したが、PROGRES の画像は部分的に再構成のエラーを生じ、歪みの計測に影響を及ぼした。【結論】本検討において MPG が幾何学的歪みに及ぼす影響は少なく、また MUSE および PROGRES は拡散強調画像において幾何学的歪みの低減に有用である。

3. 3D-MRCP における呼吸停止撮像と呼吸同期撮像の比較

○草野大希,福澤圭,鈴木秀郷,田野政勝,吉原千治,阿部凌那

国家公務員共済組合連合会虎の門病院

【目的】3D-MRCP では胆管、膵管の走行や病変との位置関係を立体的に把握することができるため臨床上重要な撮像法である。近年、装置の進歩

により 3D-MRCP を呼吸停止下にて撮像することが可能となっており検査時間の短縮などが期待されるが、従来の呼吸同期法との画質の違いなどを詳細に比較した報告は少ない。今回、3D-MRCP の呼吸停止下撮像 (BH 法) と呼吸同期撮像 (Navi 法) において、胆管・膵管の描出能の指標として描出径等のプロファイルに注目し、比較検討した。

【方法】 使用装置は Siemens 社製 1.5T Sempra、Aera、Siemens 社製 3.0T Vida、PHILIPS 社製 3.0T Ingenia。胆管、膵管を想定した内径 0.8mm ~ 5mm の点滴チューブを使用して模擬ファントムを作成し、臨床で使用している BH 法と Navi 法にてファントムを撮像した。得られた画像からチューブに直行する断面のラインプロファイルを測定し、半値幅、sharpness 等を測定した。CT 画像によって測定された径を真値として、それぞれの撮像法によって測定されたチューブ径との差を比較した。また、これらの結果を 4 台の MRI 装置で定量的に比較した。なお、本研究はファントムのみを使用した研究であり、視覚評価等の観察者実験を含まないため当院における倫理委員会の承認は不要である。【結果】 BH 法ではモーションアーチファクトのない条件下であっても、1mm 以下のチューブ径を描出するのは困難であった。実臨床では患者の体動や消化管の信号により、胆管、膵管の描出はさらに困難となると考えられる。一方で Navi 法では最小径のチューブも描出できていた。【結論】 BH 法と Navi 法の sharpness を比較すると、径の細いチューブを BH 法で描出できない原因として SNR 不足や分解能不足が考えられた。臨床では 3D 撮像以外の画像から膵管径などを判断し、どちらの方法が適しているかを考えながら使い分ける必要がある。

#### 4. 新生児 MRI 検査における真空固定具の有用性の検討

○白沢駿汰, 伊藤裕介, 大津元春, 原田桐靖, 島田豊  
東邦大学医療センター大森病院中央放射線部

【目的】 従来、当院では鎮静下で新生児の MRI 検査を行っていた。しかし、『MRI 検査時の鎮静に関する共同提言』に示されているとおり、鎮静剤使用による MRI 検査には、傾眠や無呼吸など様々なリスクが伴う。そこで、当院に新規導入された真空固定具を使用することにより無鎮静下での MRI 検査が有用であるか検討した。【方法】 使用機器：SIEMENS MAGNETOM Skyra 3T, SIEMENS MAGNETOM Avanto 1.5T 真空固定具は MedVac を使用した。患児の体と耳をタオルで保護してから真空固定具で固定し、鎮静薬を使用せずに頭部単純 MRI 検査を実施した (以下固定

群)。鎮静剤を使用した撮像 (以下鎮静群) と比較し、読影レポートを基に十分な画像が得られたかを検討した。また、看護記録などから検査時間を算出し比較した。【結果】 固定群では鎮静群と比較し、体動による影響も少なく同等以上の画像を得ることができた。また、検査時間に有意差はみられなかった。授乳後、真空固定具を装着して出棟する際、固定具によって抱介されているような状態となり安心感を与えているため、検査室到着時に入眠していることが多かった。指定した時刻に検査を開始できる事例が多く、鎮静薬使用時と比較して入眠までの待機時間がないため検査開始時刻が大幅に遅れる事例が減少した。この結果、検査の予定が立てやすく、検査室を効率的に使用することが可能となった。【結論】 真空固定具の使用により、鎮静の副作用のリスクを考慮せず MRI 検査の実施が可能であった。新生児の MRI 検査における固定具の有用性が示唆された。今後、他のモダリティにおける検査での効果も期待ができる。

#### 5. 大血管におけるマルチスライス心電図同期 FSE-T2 強調画像の基礎的検討

○石田奨, 小笹雅也, 糸一矢  
東京都健康長寿医療センター

【目的】 MRI において大血管の動脈炎の評価は壁肥厚や T2 強調画像での高信号化、および造影後の増強効果の有用性が知られている。また、Black Blood を目的とした撮像では従来、Double IR 法が用いられている。この方法を用いると当院では 1 スライスずつしか撮像できないため、撮影時間が 6 分程度かかっていた。今回、Double IR 法を用いず、マルチスライスで撮像を行い、Double IR 法の画質を担保しつつ、撮像時間の短縮が可能か検討を行った。なお、撮像は心電図同期で行い、脂肪抑制は CHESSE 法を用いた。【方法】 5 人の健常ボランティアに対し、パラメーターは同一にし、Double IR 法とマルチスライス CHESSE 法との比較を行った。評価方法は腎動脈下レベルにて、腹部大動脈を対象にスライスプロファイルを作成し、評価を行った。また、視覚評価を行い有意差の検討を行った。装置は 3.0T-(Discovery750w/GE)、Body Array Coil を使用した。【結果】 スライスプロファイルでの評価は、血管壁と内腔の信号のコントラスト比が増加し、増加率でおよそ 200% 増加した。また、視覚評価では、動きによるモーションアーチファクトはマルチスライス CHESSE 法の方が影響は少なく、血管の内腔の見え方に大差はなかった。撮影時間は 5 症例の平均で Double IR 法は 6:01、マルチスライス CHESSE 法では 1:52 となり、7 割近く撮像時間の短縮が可能となった。【考察】 呼吸によるモーションアーチファクト

がマルチスライス CHESSE 法で影響が少なかったのは 1 枚当たりにかかるスキャン時間が短くなったためだと考えられる。また、Double IR 法では TR を長くすると検査時間が 10 分以上超えてしまうため、TR に制限がかかり、TR2000 前後で撮影を行っていた。マルチスライス CHESSE 法では TR を長く設定し、T2 コントラストの影響をより多く受けることができ、血管壁と内腔の信号のコントラスト比が増加したと考えられる。

## 6. 頸動脈 plaque imaging における balanced SSFP シーケンスの検討

○ 荘司 学<sup>1</sup>, 本寺哲一<sup>2</sup>, 中島潤也<sup>3,4</sup>, 崔 昌五<sup>2</sup>, 安田光慶<sup>1,4</sup>, 渡邊裕之<sup>1,4</sup>, 佐藤久弥<sup>1,4</sup>, 加藤京一<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> 昭和大学病院 放射線技術部

<sup>2</sup> 昭和大学藤が丘病院 放射線技術部

<sup>3</sup> 昭和大学江東豊洲病院 放射線技術部

<sup>4</sup> 昭和大学大学院 保健医療学研究科

<sup>5</sup> 学校法人昭和大学 統括放射線技術部

【背景】MRI 検査における頸動脈 plaque imaging は、頸動脈狭窄症に対して行われる頸動脈ステント留置術や頸動脈内膜剥離術の術前画像診断として有効である。現在、頸動脈 plaque imaging を得る場合、主として用いられる撮像シーケンスは、脂肪抑制併用 3D T1 強調画像の black blood image であり、プラークが高信号に描出される。しかし、同シーケンスは、静脈、胸鎖乳突筋、石灰化等の周囲組織の情報を得ることが難しいという問題点がある。【目的】本研究は水や筋肉の信号強度の高い balanced SSFP シーケンスである three dimensional coherent oscillatory state acquisition for the manipulation of image contrast (3D-COSMIC) を用いて、頸動脈プラークと周囲組織の描出について検討したので報告する。

【方法】Gd 溶液を希釈してプラーク、脂肪、筋肉、石灰化を模擬したファントムをそれぞれ作成した。MRI の撮像条件 TR を 5.7 ms, TE を 2.7 ms, Bandwidth を 62.5kHz として作成したファントム毎に TI を 7, 20, 40, 60, 80, 100 ms と変化させて撮像した。撮像した各ファントムの画像について、信号強度(SI)を 3 回計測して、平均値を算出した。プラーク、脂肪、筋肉、石灰化の SI を各々分母と分子を入れ替えて除した信号強度比(SIR)を比較検討した。【結果】脂肪および石灰化の SI は、TI の増加とともに減少傾向を示した。また、脂肪および石灰化と関係する「プラークと脂肪」「筋肉と脂肪」「プラークと石灰化」「筋肉と石灰化」の SIR は、TI:100ms で高値を示した。【考察】脂肪および石灰化の SI が TI の増加とともに減少傾向を示し原因は、3D-COSMIC は縦磁化を安定

させ、定常状態になるのを抑え、移行期のデータを収集する。プラークと筋肉に比べ、脂肪と石灰化は定常状態移行期における信号変動が早くなるため、TI 値の増加に伴い、SI 値が低下したと考えられる。【結語】3D-COSMIC における撮像条件の TI 値を 100ms にすることで、頸動脈 plaque はもとより、black blood image で描出不良であった静脈、胸鎖乳突筋、石灰化等の周囲組織も描出が可能となった。

## 7. 3T 乳房 MRI 検査における脂肪抑制に有用な Sat pad の基礎検討

○ 秋葉保奈美, 山崎雅史, 楠野敬太, 荒川裕貴, 黒川琴代, 上田優史, 田村龍平, 矢作康市  
東京都立駒込病院放射線診療科

【目的】乳房は、主に乳腺組織と脂肪組織から構成されているため MRI 検査では脂肪抑制が必須である。しかし 3T MRI は磁化率の変化に弱く、形状が複雑な乳房では脂肪抑制不良が起りやすい。磁化率の影響を軽減する手段の一つとして Sat pad を使用する方法がある。現在まで様々な pad 素材の報告があるが、本研究ではより効果的な pad 素材の基礎検討を行った。【方法】MRI 装置は MAGNETOM Skyra VE11 (Siemens Healthcare Japan), Breast 18 ch coil, 自作ファントム, 画像解析は Image J を用いた。自作ファントムは食用油を固め、脂肪抑制不良を顕著にするために術後乳房を模擬した不整形なもの (ファントム A), 健常乳房を模擬したもの (ファントム B) を作成した。Breast coil の片側にファントム A, もう片側にファントム B を設置し、両ファントムの上に水ファントムを設置した。撮像は 3D spoiled gradient echo 法を使用し、脂肪抑制法には SPAIR を用いた。術後欠損部には pad 素材として精米, BB 弾, ガラスビーズ, バリウムを充填した。各 pad 素材を充填した画像において、術後欠損部領域に ROI を設定して標準偏差を算出し、有意差検定を行った。【結果】Sat pad なしの画像と比較して、ありの画像すべてにおいて有意に標準偏差は小さくなった。また、pad 素材間の比較としては、バリウムの標準偏差の中央値が最も小さく、精米および BB 弾と比較して有意に低い数値を示した。しかしガラスビーズと比較すると有意差は認められなかった。ガラスビーズは BB 弾と比較して有意に標準偏差は小さくなったが、精米との有意差は認められなかった。【結論】本研究において、脂肪抑制画像に有用である pad 素材は粒子径が小さいバリウムおよびガラスビーズであった。ただし乳房 MRI 検査において両者の使い勝手の良さを考慮すると、ガラスビーズが最適であることが示唆された。

## 8. 乳腺 MRI 検査における Dynamic curve 作成精度に関する初期検討

○鈴木敏司,小林隆幸

学校法人北里大学北里研究所病院中央放射線科

【背景・目的】乳癌の診断における造影 MRI 検査の役割は高く、血流を評価する時間信号曲線(Time intensity curve : TIC)は、腫瘍の評価に有用である。一方で検査中に乳腺の形状が変化すると TIC の作成は困難となり、腫瘍の正確な血流評価を行う事はできなくなる。この問題を解決する手法として非剛体補正がある。本研究では、非剛体補正が操作者間の TIC 作成精度に与える影響を検討したので報告する。【方法】2018年4月から2019年4月に乳腺 MRI 検査を実施し、Dynamic 検査中に乳腺の動きが認められた症例を対象とした。画像解析ソフトは、GE 社製 FuncTool (非剛体補正無, 以下 GE) およびテラリコン社製 QSI (非剛体補正有, 以下 QSI) を用いた。MRI 検査従事者 6 名が腫瘍に ROI を設定し、信号強度(SI)を測定した。SI は造影剤注入前、注入後 80 s, 220 s, 360 s を各 3 回測定した。各 SI について、paired t-test にて検討した。統計解析には「R」を使用し、有意水準はそれぞれ 5%未満とした。【結果・考察】造影剤投与前の SI は、GE と QSI で有意差は認められなかった(GE 556.5±99.2, QSI 600.2±22.8)。一方、造影剤投与後は 80 s(GE 1174.1±64.1, QSI 1257±39.6), 220 s(GE 1073.7±64.1, QSI 1135.4±35.9), 360 s(GE 1016.0±50.7, QSI 1055.7±21.5)の各時相で有意差が認められた(p<0.05)。【結論】動きが生じた症例において、非剛体補正を用いることで TIC は操作者間での差が少なくなり、腫瘍の血流を高精度で評価できること示唆された。

「第 2 会場 (大視聴覚室)」

9:00 ~10:30 一般研究発表「CT」

座長:横田 卓也 (CT 撮影技術研究班)

座長:小林 隆幸 (CT 撮影技術研究班)

## 9. CT 造影情報管理システムを用いた造影剤注入圧リミット設定に関する研究

○青野裕樹,浅野 翔太,岡野由香里,長澤伸行,林利廣,井野賢司,白木尚,阿部修

東京大学医学部附属病院放射線部

【背景】当院では CT 造影情報管理システムである CE エビデンスシステム (根本杏林堂) を用いて、検査毎に造影情報を記録している。この記録された造影情報を管理・分析することでより安全性の高く・再現性のある検査を行うことが可能となる。【目的】造影 CT 検査では造影剤皮下漏れの

リスク管理のため、造影剤注入圧にリミットを設定して造影剤注入を行っており、適切な注入圧リミットを設定することが望まれる。そこで本研究では CT 造影情報管理システムにより記録された造影情報を集計・分析することで当院の撮影プロトコル毎の造影剤注入圧を把握し、適切な注入圧リミットに関して検討を行った。【方法】CT 造影情報管理システムにより記録された造影情報 (撮影プロトコル・造影剤種類・注入速度 等) を RIS (Radiology Information System) 内に実装されている機能を用いて抽出した。またインジェクターの造影剤注入結果のデータベースより造影剤注入圧に関する情報を抽出した。これら抽出したデータの集計を行い、撮影プロトコル毎に造影剤最大注入圧を算出し、撮影プロトコル、造影剤の種類毎に比較した。【結果】造影 1 相撮影 (注入速度: 1.61 ml/sec) で平均の最大注入圧は造影剤イオヘキソール(ヨード濃度: 350 mg/ml)使用で 4.53±0.25 kg/cm<sup>2</sup>、イオパミドール (ヨード濃度: 370 mg/ml) 使用で 3.90±0.39 kg/cm<sup>2</sup> となった。肝臓ダイナミック撮影 (注入速度: 3.21 ml/sec) で平均の最大注入圧は造影剤イオヘキソール使用で 9.57±0.58 kg/cm<sup>2</sup>、イオパミドール使用で 8.18±0.40 kg/cm<sup>2</sup> となった。撮影プロトコル毎に最大注入圧は同程度の値を示した。同じ撮影プロトコルにおいて造影剤の種類により最大注入圧に差が出たが、造影剤の粘稠度の違い等によるものと考えられる。【結論】CT 造影情報管理システムにより記録された造影情報を用いることで撮影プロトコル毎の造影剤注入圧を把握でき、適切な注入圧リミットを設定するために有用な情報を得ることができた。

## 10. CT 造影情報管理システムと RIS を用いた造影データ設定に関する研究

○浅野翔太,青野祐樹,井野賢司,長澤信行,林利廣,白木尚,佐藤次郎,阿部修

東京大学医学部附属病院放射線部

【背景】再現性のある造影 CT 検査を行うには、撮影のプロトコルや造影剤の種類や量、造影剤注入条件、患者の状態の記録と管理は重要であり。また、エビデンスのある造影情報の記録と管理には情報システムの構築が重要である。【目的】本研究では、RIS と CT 造影情報管理システムの MWM・MPPS 連携を用いた、造影データの把握方法の確認や、有用性について調査した。また、得られた情報が次回造影 CT 検査へのフィードバックや研究などに、有用性があるか検討した。【方法】当院の RIS と CT 造影情報管理システムで行われている、MWM・MPPS 連携より得られた情報を、RIS に実装されている機能を用いてデータ出力

した。のち、得られた造影情報とインジェクター情報を用いて解析を行った。【結果】撮影台帳より抽出を行った情報より、当院での造影剤使用ルールと抽出した情報の大部分の一致が確認できた。プロトコル毎に患者の状態に応じて、異なる造影剤の使用量であった。

MWM・MPPS より、実際にインジェクターより注入された造影剤の種類、造影剤の量と速度 RIS に入力されたプロトコル、患者情報、インジェクションエラー、高圧注入について把握する事が出来た。【考察】MWM・MPPS より、エビデンスのある造影剤の種類を把握また、実際にインジェクターより注入された造影剤の量と速度を把握でき、プロトコル毎にインジェクションエラー、造影量減量、透析患者群について分析することが可能であった。

#### 11. 観察対象のコントラスト雑音比と画像の解像特性を考慮した CT 画像再構成法の選択

○山口奈津美, 杉澤浩一, 南島一也, 塚田諒, 益田翔太, 山崎彰久, 渡部敏男

慶應義塾大学病院 放射線技術室

【目的】CT 検査では、雑音を低減させる目的で逐次近似応用画像再構成法 (hybrid iterative reconstruction: hIR) が広く用いられている。しかしながら IR 画像の解像特性は線量, コントラスト, および IR 強度に依存して変動することが報告されている[1]。今回、我々は線量とコントラストを加味するコントラスト雑音比 (contrast to noise ratio: CNR) に着目し、観察対象の CNR と解像特性の関係から画像再構成法の選択が可能と仮定した。本研究の目的は、CNR と各画像再構成法の解像特性との関係を調べ、CNR の値に応じた適切な画像再構成法の選択を提案することである。

【方法】径 200 mm の円柱容器内に 3 種類のロッド (軟部組織等価物質, アクリル, およびポリオキシメチレンを挿入し自作ファントムとした。ファントム内に水, 0.2 g/mL, および 0.4 g/mL ショ糖水を充填した。線量は CTDI<sub>w</sub>:1.0, および 10 mGy とし、このファントムから 18 種類の CNR を算出できる。画像再構成法は filtered back projection (FBP), adaptive statistical iterative reconstruction V (ASIRV)30%, および 90%とした。CT 装置は Revolution CT (GE healthcare)である。各 CNR における task transfer function (TTF) から 10%, および 50%TTF を算出し、CNR との相関を出した。【結果】10% TTF と CNR の決定係数(R<sup>2</sup>)は FBP, ASIRV30%, および 90%で、それぞれ 0.2 (P= 0.6602), 0.8 (P< 0.01), および 0.9 (P<0.001)であり、50%TTF での R<sup>2</sup>は、それぞれ 0.1 (P=0.1187), 0.7 (P< 0.001), および

0.9 (p<0.001)であり、FBP の解像特性は CNR に依存せず、hIR では依存傾向を示した。また、hIR の強度が増すにつれ、その依存性も増大した。10%TTF での FBP と ASIRV30%の交点の CNR 値 (カットオフ値) は 6.5, ASIRV30%と 90%の交点では 24.0 であった。【結語】CNR と各画像再構成法の解像特性の関係から、観察対象の CNR が 6.0 以下であれば FBP を、24 以上であれば ASIRV90%を選択することで最大減解像特性を活かした画像再構成処理が可能となり、臨床上有用と示唆された。[1] Richard S, Husarik DB, Yadava G, Murphy SN, Samei E. Towards task-based assessment of CT performance: System and object MTF across different reconstruction algorithms. Med Phys 2012; 39: 4115–22.

#### 12. Tin filter を用いた表面被ばく線量低減の試み ○布施智也<sup>1)</sup>, 香取薫<sup>1)</sup>, 内藤貴章<sup>1)</sup>, 薄井 裕美<sup>1)</sup>, 平野高望<sup>1)</sup>, 守屋克之<sup>1)</sup>, 佐藤久弥<sup>1,2)</sup>, 加藤京一<sup>2,3)</sup>

1) 昭和大学病院 放射線技術部

2) 昭和大学大学院 保健医療学研究科

3) 学校法人昭和大学 統括放射線技術部

【背景】CT 検査において重要臓器の被ばく線量を低減させることは重要である。2011 年に ICRP より水晶体の等価線量限度が、これまでの 150 [mSv/年]から 50 [mSv/年]かつ、100 [mSv/5 年]を超えないよう勧告された。また、視覚障害性白内障のしきい線量は 8 [Gy]から 0.5 [Gy]に大きく引き下げられたことから、水晶体の被ばく線量低減は重要である。近年 CT の被ばく低減技術として、Tin(Sn) filter を用いた撮影技術が注目されている。

【目的】顔面領域の撮影において、Tin(Sn) filter が CTDI<sub>vol</sub> 及び水晶体の表面被ばく線量の低減に有効か検討を行った。【方法】Tin(Sn) filter を用いない撮影方法を従来法として、Tin(Sn) filter 使用時と従来法の CNR が同等となる撮影条件を求めた。CNR の測定には Gammex ファントムを用いて Tin(Sn) filter を使用する撮影の [mAs] 値のみを変化させ求めた。Tin(Sn) filter 使用時と従来法について CNR が一定の撮影条件で CTDI<sub>vol</sub> をそれぞれ求めた。値は 3 回測定の平均値を算出した。また、頭部ファントムと TLD を用いて水晶体位置における表面被ばく線量を測定した。値は 3 回測定の平均とし左右それぞれ算出し、表面被ばく線量とした。【結果】CNR が同等となった撮影条件は Tin(Sn) filter 使用時が 180 [mAs]、従来法が 80 [mAs]となった。CTDI<sub>vol</sub> は Tin(Sn) filter 使用時が 1.83 [mGy]、従来法が 23.6 [mGy]であった。また頭部ファントムの水晶体位置における表面被ばく線量は Tin(Sn) filter 使用時が 1.49 [mSv]、従来法が 12.8 [mSv]となった。【考察】Tin(Sn) filter を

使用することでエネルギースペクトルの帯域幅が狭くなり X 線光子の利用効率が高くなるため、CTDI<sub>vol</sub> の低減が行えたと考えられる。また、Tin(Sn) filter により表面の被ばくに大きく関与する低エネルギー光子が少ないため CTDI<sub>vol</sub> および水晶体の被ばく線量低減が低減できたと考えられる。【結論】 Tin(Sn) filter を用いた場合 CTDI<sub>vol</sub> は従来法と比較し 84%低減し、水晶体の表面被ばく線量は 88%低減した。

### 13. 320 列面検出器 CT を用いたチルトボリュームスキャンにおける画質の評価

○田中 綾一<sup>1)</sup>, 鈴木 克直<sup>1)</sup>, 松本 渉<sup>1)</sup>, 中井 雄一<sup>1)</sup>, 野田 主税<sup>1,2)</sup>, 佐藤 久弥<sup>2,3)</sup>, 加藤 京一<sup>2,4)</sup>

- 1) 昭和大学横浜市北部病院 放射線技術部
- 2) 昭和大学大学院 保健医療学研究科
- 3) 昭和大学病院 放射線技術部
- 4) 学校法人 昭和大学 統括放射線技術部

【目的】近年の X 線 CT 装置は、撮影時間の高速化に伴い、時間分解能が向上している。そのため、検査への協力が得られにくい小児への対応は有効的である。また、小児は放射線感受性が高いという特性があり、検査時の被ばく低減に十分注意する必要がある。特に頭部 CT 検査では動きによるアーチファクト抑制と水晶体の被ばく低減が課題となる。そこで本研究では、この課題に対して、対応可能なボリュームスキャンにチルトを掛けた撮影(チルトボリュームスキャン)を行い、その時に生じる画質への影響をチルトなしのボリュームスキャンと比較したので報告する。【方法】1. 円柱水ファントムをチルト角 -10°~10° (5°毎) で撮影し、得られた画像の中心と辺縁の SD 及び NPS を測定した。2. 中心にワイヤーを設置した自作ファントムをチルト角 -10°~10° (5°毎) で撮影し、ワイヤー部分の MTF を各角度で測定した。3. Catphan ファントムをチルト角-10°~10° (5°毎) で撮影し、ビームの中心及び辺縁の CT 値及び CNR を各角度で測定した。また各角度の画像において、視覚評価を行った。【結果】SD 及び NPS はチルト角による変化は見られなかったが、陽極側で SD が上昇した。MTF においても同様にチルト角による影響は見られなかった。CT 値及び CNR は、チルト角による変化は見られなかったが、ビームの陽極側で CT 値が高くなる傾向を示した。また視覚評価においては陽極側で変化が見られた。

【考察】陽極側で SD が上昇した理由としてヒール効果により陽極側の入射線量が低くなったためだと考えられる。ビームの陽極側は陰極側と比較し CT 値が変化した。これはビームハードニングの影響が考えられる。【結論】チルトボリュームス

キャンは、チルトなしのボリュームスキャンと比較し同等な画質が得られた。

### 14. Dual Energy CT を用いた心電図同期撮影による画質評価～時間分解能の評価も含めて～

○濱田 裕貴<sup>1)</sup>, 中井 雄一<sup>2)</sup>, 橋高大介<sup>1)</sup>, 佐藤久弥<sup>1)</sup><sup>3)</sup>, 加藤京一<sup>3) 4)</sup>

- 1) 昭和大学横浜市北部病院 放射線技術部
- 2) 昭和大学大学院 保健医療学研究科
- 3) 昭和大学病院 放射線技術部
- 4) 学校法人 昭和大学 統括放射線技術部

【目的】近年、循環器領域において Dual energy CT(以下、DECT)を用いた心臓 CT 検査は、従来の検査に加えて、ヨードマップ解析による心筋バイアビリティの評価や仮想単色 X 線画像を用いた造影剤量の低減等が可能となり、臨床応用されはじめている。しかし、心臓 CT 検査に DECT を用いた画質評価を含めた物理特性の報告は少ない。そこで本研究では心電図同期下の DECT 撮影で得られた画像と従来行っていた心電図同期下の Single energy CT(以下、SECT)撮影で得られた画像の画質及び時間分解能の比較及び検討を行った。

【方法】CT 値 350HU の自作ファントムを作成し、DECT および SECT の撮影で画質評価を行った。次に、CT 評価用ファントム Catphan を用いて DECT および SECT の撮影における、低コントラスト検出能、高コントラスト分解能の視覚的評価および MTF の比較を行った。また、心臓動態ファントムを用いて、HR50~140 まで変化させ DECT および SECT の撮影で模擬冠動脈の動きのブレを視覚的に評価しスコア化した。最後に、temporal sensitivity profile (以下、TSP) による時間分解能の物理評価を行った。【結果】CT 値および CNR において DECT は SECT より高い値を示した。ノイズ特性、低コントラスト検出能、高コントラスト分解能、MTF の比較において両者は同等の結果となった。模擬冠動脈の動きに対するスコア評価は、HR の上昇に伴いスコアの低下を認めたが、各 HR における両者のスコアは同等の値であった。また、TSP による時間分解能は両者とも理論値と同等の値であった。【結論】DECT は、SECT に比べ CT 値を高く示し、それに伴い CNR は高くなる傾向にあったが、その他の画質評価において両者は同等であった。以上のことから、これらの物理特性を理解した上で、DECT の利点を活用しつつ、SECT と使い分けを行う必要性が示唆された。

### 15. DECT において被写体厚の変化がスペクトラル HU 曲線に与える影響について

○松本 渉<sup>1)</sup>, 中井雄一<sup>1)</sup>, 渋谷優佑<sup>1)</sup>, 野田主税<sup>1,2)</sup>, 佐藤久弥<sup>2,3)</sup>, 加藤京一<sup>2,4)</sup>

- 1) 昭和大学横浜市北部病院 放射線技術部

- 2) 昭和大学大学院 保健医療学研究科
- 3) 昭和大学病院 放射線技術部
- 4) 学校法人 昭和大学 統括放射線技術部

【目的】近年、Dual Energy CT (以下 DECT) の臨床応用が注目されており、その技術の 1 つに仮想単色 X 線画像 (Virtual Monochromatic X-ray Image:VMI) の作成がある。撮影した 2 種類の管電圧のデータから任意のエネルギーに相当する仮想的な単色 X 線画像の作成が可能であり、臨床においては金属などの高吸収 X 線に起因するアーチファクトの軽減や低コントラスト分解能の向上に応用され、その有用性においては数多くの報告が行われている。しかしながら、臨床において組織のスペクトラル HU 曲線の形態が大きく変化する症例を経験する。そこで本研究では 2 つの X 線管を装備した DECT において、被写体厚の変化がスペクトラル HU 曲線に与える影響について自作ファントムを用い検討を行った。【方法】1.自作円柱水ファントムの中心に模擬ファントム(肝臓・骨)を封入し、DECT 撮影を行った。2.得られた画像データから VMI を作成し、スペクトラル HU 曲線を描いた。3.方法 1,2 の手順をファントム径(10cm,20cm,30cm)・管電圧(80kV,Sn140kV・100kV,Sn140kV)とそれぞれ変化をさせて測定を行い比較・検討を行った。【結果】肝臓ファントムにおいて、ファントム径が大きくなるほどスペクトラル HU 曲線に大きく変化が生じた。また、同一ファントム径では管電圧の変化によってスペクトラル HU 曲線が変化した。骨ファントムにおいては、ファントム径・管電圧によって大きな変化は見られなかった。【考察】ファントム径が大きくなるとビームハードニング効果の影響を強く受け画像ノイズ等が変化し、スペクトラル HU 曲線の形態に影響を及ぼしたと考えられる。また、肝臓のような低コントラスト領域では、見かけ上大きな差としてみられるため注意が必要と考えられる。【結論】被写体厚の変化は、スペクトラル HU 曲線の形態に変化を与えることが示唆された。

16. 異なる CT における Dual energy CT を用いたダークバンドアーチファクトの低減について  
○栗島昇平,佐藤英幸,安藤雅大,宮本茉依子,渡邊将彦,岩佐亜紀,植松正裕  
江戸川病院 放射線科

【目的】上肢挙上が困難な患者に対し、下垂した状態で検査を行う事があるが、CT 値が低下するダークバンドが発生してしまう。ダークバンドは CT における画像診断に影響を及ぼす可能性があり低減が必要である。Fast kv switching 方式の dual energy CT では高吸収体から発生する beam hardening (BH) を低減するという報告がある。

そこで今回、DECT におけるダークバンド低減の検証を行った。【方法】水ファントムの両側 2 箇所高吸収体を配置したファントムを使用した。Discovery CT 750HD (HDCT)と Revolution CT (REVCT) を使用し、それぞれ single energy CT(SE)と dual energy CT (DE)での撮影を行った。撮影条件は CTDI が 10mGy となるように設定した。画質評価はアーチファクト画像、ノンアーチファクト画像を用意し、それぞれ同じ箇所 2 点に ROI を置き CT 値の Standard deviation(SD)を測定し、AI (Artifact index) を算出した。【結果】AI は HDCT-SE :9.9, HDCT-DE :8.3, REVCT-SE :5.6, REVCT-DE :7.4 であった。【考察】HDCT では DE の方が AI は低値を示した。これは、SE では水のみで補正を行うのに対し、DE では水とヨードの 2 物質により補正が行われ、DE の方が正確に BH 補正が行われていると考える。REVCT では SE の方が AI は低値を示した。これは、MMAR(Multi Material Artifact Reduction)という新たな SE での BH 補正が有効に効いていることで SE のほうが低値を示したのだと考える。【結論】HDCT では DE の方がダークバンドの低減には有用であり、REVCT においては SE の方が有用であった。

17. 逐次近似応用再構成法を用いた頭部 subtraction CTA における末梢血管の描出能評価  
○高橋拓也<sup>1</sup>,川崎奨太<sup>2</sup>,小林佳史<sup>2</sup>,本寺哲一<sup>2</sup>,高橋俊行<sup>2,3</sup>, 崔昌五<sup>2</sup>,佐藤久弥<sup>3,4</sup>,加藤京一<sup>3,5</sup>

<sup>1</sup> 昭和大学藤が丘リハビリテーション病院 放射線技術室

<sup>2</sup> 昭和大学藤が丘病院 放射線技術部

<sup>3</sup> 昭和大学大学院 保健医療学研究科

<sup>4</sup> 昭和大学病院 放射線技術部

<sup>5</sup> 学校法人 昭和大学 統括放射線技術部,

【目的】頭部 subtraction CTA は、骨に囲まれた血管の描出に有用である。当院では、逐次近似応用再構成法(以下、ASiR)を用いた頭部 subtraction CTA における描出能に関してマスク像は ASiR の割合が高いほど有用であることを経験した。そして、令和元年関東甲信越診療放射線技師学術大会にて、至適撮影条件として 80kV, 50mA, ASiR ; 100%を導出したことを発表した。しかし、末梢血管の評価が検討課題となっていた。本研究では ASiR を用いた頭部 subtraction CTA における末梢血管の描出能を評価し、マスク像の至適撮影条件を検討した。【方法】1. 管電圧、管電流の違いによる subtraction 後の血管径を評価するため、血管径 2mm, 3mm の自作ファントムを用いてマスク像(50, 150mA : 80, 100, 120kV), ライブ像(CT 値 200HU, 300HU : 300mA 120kV)

を撮影した。マスク画像は、ライブ画像と subtraction 処理を行い、4 段階にて比較、検討した。また、FWHM の比較、検討も行った。

2. 方法 1 の画像を VR 処理後、視覚評価を行った。評価者は、CT 経験年数 5 年以上の診療放射線技師 10 名とし、5 段階で評価した。【結果】1. 各条件下において、ASiR の割合が大きくなるほど模擬血管径の辺縁は sharp に描出された。また、ASiR の割合が大きいくほど、FWHM の値は変動しなかった。2. 視覚評価は 80kV、150mA、ASiR ; 100% で通常条件と同等であった。また、先行研究で導出した撮影条件では低評価だった。【結論】頭部 subtraction CTA における末梢血管の描出は、ASiR の割合が高いほど有用であった。マスク像の至適撮影条件として 80 kV、150mA、ASiR ; 100%を導出した。

「第 3 会場 (183 教場)」

9:00 ~10:20 一般研究発表「医療情報・一般撮影研究班・核医学・治療」

座長：横山 剛 (一般撮影研究班)

座長：佐藤 靖高 (公立福生病院)

18. 経カテーテル的大動脈弁置換術における計測誤差についての研究

○村山嘉隆, 井野賢司

東京大学医学部附属病院放射線部

【背景】CT を用いた経カテーテル的大動脈弁置換術 (Transcatheter Aortic Valve Replacemnt : TAVR) の術前解析は大動脈弁複合体 (大動脈弁尖、弁輪、Valsalva 洞、sinotubular junction : STJ、上行大動脈から構成) とアクセス経路の評価を行うことによって、Valve 選択や合併症の予測をすることができる。【目的】当院の TAVR 解析では A 社製の WS (ワークステーション) を使用しているが、CT の 3D 作成には B 社製の WS を多用している。また、C 社製の WS も導入されており機種毎の計測誤差について大動脈弁輪およびその他血管についても検討した。【方法】解析には 10 名の技師スタッフと 3 機種の WS を用いて計測誤差および作業時間また操作性について評価した。

【結果】測定者による操作性の評価は最大 3.1 点、最小 2.9 点であった。WS と測定者の違いによる作業時間は平均  $96.3 \pm 23.3 \text{sec}$  と 24% の増減が見られ、弁輪面積計測値は症例別で最大で平均  $\pm 22.4 \text{mm}^2$ 、最小で平均  $\pm 13.2 \text{mm}^2$ 、4~5% の誤差が見られた。【考察】機種毎の解析環境の違いによる計測誤差については臨床解析と同様であると示唆された。測定者の経験不足は計測誤差を生じやすく、作業時間の延長につながる。解析スタッフ同

士で知識、情報を共有し、個人の測定精度向上と解析環境を最適化することが必要であると考え。

19. 単純 X 線撮影における深層畳み込みニューラルネットワークを利用した撮影精度の識別

○光武秀悦<sup>1)</sup>, 内山喜代志<sup>1)</sup>, 渡部晴之<sup>2)</sup>, 坂口彩<sup>2)</sup>, 福田一志<sup>1)</sup>, 樫田伸治<sup>1)</sup>

1) 帝京大学医学部附属病院中央放射線部

2) 群馬県立県民健康科学大学診療放射線学部

【目的】単純 X 線撮影は画像診断の基本であり、簡便で得られる情報が多いため画像診断によく利用される。単純 X 線撮影の再撮影に対する判断基準は撮影した放射線技師に委ねられているが、その基準は視覚的・定性的評価であり、合否基準に対し技師個人のばらつきが生じる等の問題点が残る。近年、人工知能 (AI : Artificial Intelligence) が多く取り入れられ、画像診断への適応が報告されている。本研究の目的は、AI 技術を用いて、単純 X 線撮影技術の精度向上を目的としたコンピュータ支援診断システムを開発することである。本提案手法は、深層学習手法の一つである深層畳み込みニューラルネットワーク (DCNN : Deep Convolutional Neural Network) を適応し、単純 X 線撮影の再撮影に対する判断基準評価における DCNN の識別能力を検討した。【方法】対象には 5 つの頭部ファントムを用い、頭部正面撮影において頭尾方向に  $4^\circ$  ずつ傾けた画像 ( $+6^\circ$ ,  $+2^\circ$ ,  $-2^\circ$ ,  $-6^\circ$ )、左右に  $2^\circ$  ずつ傾けた画像 ( $+2^\circ$ ,  $\pm 0^\circ$ ,  $-2^\circ$ ) を撮影した。各画像に対してオーギュメンテーションを行い、合計 1200 枚の頭部ファントム画像データを取得した。頭部正面画像を撮影基準に対応した 4 つのカテゴリーに設定し、撮影精度である撮影角度、再撮影の可否について DCNN の識別能力を検証した。評価方法には、5-分割交差検証を用いた。【結果】本提案手法の精度は約 9 割程度であった。4 つのカテゴリーを識別することができ、良好な結果が得られた。【結論】頭部ファントムの僅かな角度差を認識し、再撮影の可否を判断する可能性が示唆された。本提案手法は撮影の判断基準において定量的な基準を示し、臨床業務の効率化や被ばく低減に貢献できると考えられる。

20. 乳幼児撮影環境の見直し

○城尾俊, 市川重司, 中村豊, 野中孝志, 小野正志, 熊谷果南, 土谷健人, 佐藤靖高

公立福生病院

【背景・目的】デジタル画像撮影システムが普及する中、一般 X 線撮影システムは、専用撮影台が多く使用されている。一方、多くの専用撮影台では、胸部撮影を対象に考えられており、内蔵されているグリッドは高格子比グリッドが装着されて

いる。使用に関しては、利便性や多忙度を優先して多くの部位を高格子比グリッドにて撮影しているが、高格子比での使用が不要な部位も多く含まれていると考える。さらにそれにより、線量過多も懸念される。一方、乳幼児胸部撮影に関し、一般的には低格子比またはグリッド未装着での撮影が一般的である。当院においてDRLはクリアしているものの、更なる線量低減を求め、専用台から低格子比またはグリッド未装着での撮影環境（管電圧）について検討した。【方法】1.ファントムを用いて、①現行システム（10：1 グリッド内蔵）、②低格子比グリッド（3：1）、③グリッド未装着について画質評価等（線量評価、CNR、CDRADファントムによる視覚評価）を行った。なお、②・③については、管電圧を50kV～80kVの10kV間隔にて検討した。2.乳幼児ファントムを用いて視覚評価を行った。【結果】1.線量は60kVの場合、3：1グリッドで15%、グリッド未装着で36%低下した。2.CNRについては、3：1グリッド、グリッド未装着の順に低下した。3.CDRADファントムによる評価では、有意差を認めた。4.画質評価は低管電圧の方が良い結果となった。【考察】1.線量が低減できたことは有用性が高いと考える。2.従来条件である管電圧90kVは高く、線質の影響もあり、乳幼児の体厚には不向きと考えられていたが、今回の検討で画質的にも改善されたと考える。【結語】乳幼児撮影に関して撮影環境の見直しは有効であった。

## 21. ワンショット長尺撮影における撮影距離延長効果の検討

○萩原 愛,三浦 茂樹,原 良介,岡部 幸司,井場 稔,渡部 敏男

慶応義塾大学病院放射線技術室

【目的】近年整形外科では、全長撮影でのアライメント評価の重要性が増している。当院ではCALNEO GL / FM-PL1(FUJI FILM)による長尺撮影を行っているが、ワンショット撮影は幾何学的歪曲というデメリットがある。CALNEO GL 導入当初から被ばく低減について検討してきたが、撮影距離の延長を含める事で幾何学的歪曲の改善も可能と考え、検討を加えた。

【方法】人体寸法データベースを参考に撮影範囲を840mm、入射中心から330mm下方、検出器から128mm/316mmを左右大腿骨頭位置とし、脊椎全長側面撮影の幾何学的条件を想定した。想定した配置で、基準条件①95kV 320mA 80ms 200cm、低減条件②50ms 200cm、距離延長条件③80ms 250cmについて、入射中心と大腿骨頭の位置でファントムを撮影し、IQFinv, CNR, RMS を求め比較した。また仙椎、左右大腿骨頭を40mm四方Acrylic

Cube で模し、得られた像の計測結果から、幾何学的歪曲の改善率を検証した。【結果】IQFinv は、中心と骨頭位置との差が250cmで縮まり、200cmでの結果と遜色は無かった。CNR, RMS においても、200cmでの低減条件と距離延長による低減条件は同等だった。距離延長による拡大率、幾何学的歪曲の改善率は、入射中心で最大3.6%、大腿骨頭で最大9.2%であった。またアライメント指標の評価では、Hip Axis で28%の改善が認められた。

【結論】撮影距離を延長した場合でも検出能は同等であり、幾何学的歪曲の改善率からも臨床的に撮影距離延長による低線量化が有効であると考えた。検証結果を基に、撮影距離200cmでの低減条件と同等の入射線量となる、距離250cm, 95kV, 320mA, 80ms を新たな基準と定めた。

## 22. 骨盤ポータブル画像における散乱線補正処理の検討

○山下豪<sup>1)</sup> 川崎奨太<sup>1)</sup> 加藤隼斗<sup>1)</sup> 大澤三和<sup>1)</sup> 高橋俊行<sup>1)3)</sup> 崔昌五<sup>1)</sup> 佐藤久弥<sup>2)3)</sup> 加藤京一<sup>3)4)</sup>

1)昭和大学藤が丘病院 放射線技術部

2)昭和大学病院 放射線技術部

3)昭和大学大学院 保健医療学研究科

4)学校法人昭和大学 統括放射線技術部

【目的】現在、当院のポータブル撮影で用いているVirtual Grid（以下、VG）は胸腹部の対応となっている。そのため骨盤ポータブル撮影においては、VGが利用できずグリッドを用いた撮影を行っている現状にあり、外傷患者のポータブル撮影依頼で経験する胸部、腹部、骨盤ポータブル撮影の場合、撮影効率が低下している。本研究では、骨盤ポータブル撮影に対し腹部VG処理が利用可能か検討したので報告する。【方法】骨盤部ファントムを当院ルーチンの撮影条件（70kV 16mA グリッド有り）で撮影し、得られた画像を基準とした。次に骨盤部ファントムをグリッド無しで撮影条件（管電圧70, 80, 90kV, mAs値5, 10, 14, 16mAs）を変化させ撮影した。得られた画像にVG処理を行い、階調シフトGS（以下、GS）を0.3, 0.4, 0.5と変化させた画像を作成し、CNR, SD, 信号強度を求めた。また、得られた画像を診療放射線技師3名で視覚評価を行った。【結果】VG処理画像における大腿骨頭部でのCNRは、すべての撮影条件において向上していることが確認できた。基準画像より良い結果となった画像は、CNR, SD, 信号強度では70kV 10mAs GS0.5, 70kV 14mAs GS0.5, 視覚評価では70kV 14mAs GS0.5, 80kV 5mAs GS0.5であった。上記より最適な撮影条件および階調シフトは70kV 14mAs GS0.5であつ

た。【結論】骨盤ポータブル撮影において、70kV 14mAs グリッド無しで撮影し、VG 処理 (GS0.5) を行うことで、画質を担保し線量を低減することができ、骨盤ポータブル画像において腹部 VG 処理が利用できる可能性が示唆された。

### 23. 慢性血栓塞栓性肺高血圧症の治療効果判定における肺血流 SPECT 画像指標の有用性

○倉林恵梨, 脇 晶哉, 小久保忠, 石井亘友, 立木一博, 岩村太郎, 大久保卓史

東邦大学医療センター大森病院 中央放射線部

【目的】慢性血栓塞栓性肺高血圧症 (CTEPH) の治療方法の一つにバルーン肺動脈形成術 (BPA) がある。BPA は、外科手術が困難な末梢型 CTEPH 症例や高齢者や他の合併症により手術適応でない症例に対して行われる。当施設は、BPA 前後に肺血流 SPECT 検査を施行しており、治療効果判定の一つに SPECT 画像による視覚評価を行っている。そこで、肺血流 SPECT から得られる画像指標が BPA の治療効果判定に有用であるか検討を行った。【方法】2017 年 1 月から 2018 年 8 月までに当施設で BPA を行い、治療前後で右心カテーテル検査、経皮的動脈血酸素飽和度測定 (SpO<sub>2</sub>) と肺血流 SPECT 検査を行った 10 例 (61±15 歳) を対象とした。SPECT 画像指標は、3 次元画像解析ワークステーション (SYNAPSE VINCENT) を用いて、閾値処理 (最大カウントの 10%) により肺を抽出後、体積、平均値、標準偏差、最大値、総和、歪度、尖度、エントロピーを算出し、右心カテーテル指標、SpO<sub>2</sub> と比較検討した。【結果・考察】BPA 前後で右心カテーテル指標 (混合静脈血酸素飽和度 (SvO<sub>2</sub>), 平均肺動脈圧 (mPAP), 肺血管抵抗 (PVR)) , SpO<sub>2</sub> は統計的に有意に改善した (p<0.02)。肺血流 SPECT 画像から算出した指標は、総和以外のすべての指標で統計的に有意差を認めた (p<0.03)。また、体積は増加、その他の指標は低下傾向を示した。これは、BPA により狭窄・閉塞していた血管が広げられ、中枢側に停滞していた <sup>99m</sup>Tc-MAA が治療後に末梢側まで到達し、集積の均一性が増したためだと考えられる。【結論】肺血流 SPECT から得られる画像指標は、BPA の治療効果判定に有用な指標となる可能性が示唆された。

### 24. 分離校正に向けた新旧の電位計利用に関する基礎的検討

○小林弘明, 荒井秀一, 田村裕毅, 金好貴志, 久保圭一郎, 武田稔之, 島田豊, 東邦大学医療センター大森病院

【目的】近年、放射線治療の多様化とともに、治療目的に合わせた線量測定による品質管理と不確かさの把握が求められている。その測定の要となる電離箱と電位計は分離校正をすることで、従来の

一体型校正より更に正確な不確かさを見積もることが出来る。2018 年 12 月に「放射線治療用線量計に用いられる電位計のガイドライン」が発行され、ユーザーにおける電位計の点検手順と不確かさ算出の指南が提供された。当院では新旧の電位計 UNIDOS weblin T10021 (以下、電位計 A) と UNIDOS 10001 (以下、電位計 B) を 2 台保有している。そこで、その校正と点検を行うにあたる導入としてこれらの電位計を用いて、それぞれが点検の際に相補的であるか、古い電位計 B が線量測定において利用可能かどうかの基礎的検討を行った。【方法】ガイドラインの手順に従い、繰り返し性および非直線性、ゼロ点ドリフト、ゼロ点シフト、電荷漏れの 4 項目の点検はレンジ medium と low で行った。その際、入力信号が必要となる点検では Linac (ELEKTA 社製 Synergy) の 6MV X 線を用いた。Linac 周囲の環境は、水ファントムを SSD90cm で設置後、水表面から深さ 10gcm<sup>-2</sup> に 0.6cm<sup>3</sup> ファーマ型電離箱 (以下、比較用電離箱) を設置し、照射野は 10cm×10cm とし、外部モニタ用電離箱 (Semiflex type) を比較用電離箱から 3cm 以上離れた照射野内に設置した。【結果】すべてのレンジでガイドラインが定める性能要件<0.1%を満たした。【結論】電位計 B は A に対して経年劣化などにより、感度の高いレンジ low ではノイズを拾う傾向があり、利用に注意が必要だと考えた。この電位計 B は JCSS 分離校正の対象ではないが、ユーザーが使用目的に合わせた不確かさの検討を行うことで、今後も利用可能だと考える。

13:00 ~14:00

「防護計測・画像情報・MRI-2」

座長：落合 幸一郎

(放射線管理・防護・計測研究班)

座長：上山 毅 (MR 撮像技術研究班)

### 25. 工業用 X 線装置による電離箱サーベイメータ校正場の検討

○柿崎圭亮, 小山修司

駒澤大学 大学院 医療健康科学研究科

【背景目的】近年、日本放射線技術学会診断領域線量計標準センター(以下、線量標準センター)には電離箱サーベイメータの校正依頼が増加している。電離箱サーベイメータは 1 cm 線量当量の測定に有用であるが、通常その線量校正には <sup>137</sup>Cs(662keV) γ 線源を用いるため、診断領域での漏洩 X 線では線質依存の問題が挙げられる。そのため、漏洩 X 線を想定した診断領域 X 線エネルギーによる線量校正が必要である。そこで、JSRT 計測部会学術班研究小山班では JIS Z4511:2018 に

基づいた、電離箱サーベイメータ校正場の構築が検討されている。したがって、その校正方法の一部を引用し、駒澤大学標準センターでは工業用 X 線装置による電離箱サーベイメータ校正場を検討したので結果を報告する。【方法】測定時の幾何学的配置は JIS Z4511:2018 に準じた。X 線撮影室からの漏洩 X 線に近いとされる JIS Z4511:2018 で規定されている N シリーズ線質 N80, N100, N120 を採用。線質は HVL 測定とスペクトル測定により設定。電離箱サーベイメータ(ICS-323CV1)は非常に感度が高いため、基準線量計は Exradin 製 球形電離箱 A5 100 cc を使用し相互照射による置換法で測定した。【結果】校正条件は管電圧 80, 100, 120 kV、管電流 1.1 mA、照射時間 17 sec、FCD 150 cm とした。なお、校正基準面は ICS-323CV1 の検出中心線、照射方向は ICS-323CV1 の平面に対して垂直、キャップは装着した。レンジは Auto、平均指示値は N80, N100, N120 それぞれで 3.78, 2.18, 2.34[mSv h<sup>-1</sup>]。したがって被校正電離箱サーベイメータそれぞれの校正定数は 1.02[mSv h<sup>-1</sup>/mSv h<sup>-1</sup>]、1.00[mSv h<sup>-1</sup>/mSv h<sup>-1</sup>]、1.01[mSv h<sup>-1</sup>/mSv h<sup>-1</sup>]であった。【考察・結論】線量標準センターである駒澤大学校正場では N シリーズ線質による電離箱サーベイメータの線量校正は可能といえる。また、A5 電離箱を基準線量計としたことで電離箱サーベイメータとの置換法校正が可能となった。千代田テクノルの <sup>137</sup>Cs 線源 γ 線による校正定数との差は N80, N100, N120 で 2.01%, -0.29%, 0.91% であり、同等の精度をもつ校正定数が得られると言える。

## 26. 小児の線量測定における感受性等価ファントムの考案

○上原穂香, 村松七海, 梅津香那, 林あゆみ, 富田和, 那須美鈴, 倉持夏希, 遠藤希益

帝京大学 医療技術学部 診療放射線学科

【目的】放射線感受性の高い小児においては正確な放射線量の把握が必要である。しかし、小児の放射線感受性の高さを数値化することができるファントムはなく、乳幼児および小児の被ばく線量を実測することができる方法はないのが現実である。本研究の目的は、小児の線量測定を行うにあたって使用できる感受性等価のファントムを考案することである。【方法】小児の年齢ごとに赤色骨髓の分布・割合を調べ、年齢別の感受性を検討した。アクリルファントム、脂肪等価ファントム、タフリングファントムを用いて小児の放射線感受性の高さを線量として示すことができる組み合わせを考えた。CT 線量測定用電離箱をファントム中に設置し線量計測を行った。アクリルファントムの値に対する各ファントム比率での計測値から感受

性を表現した。【結果】赤色骨髓の割合は低年齢になるほど増加していた。その割合は、成人と比較して新生児は約 3.5 倍、1 歳児は約 3 倍、5 歳児は約 2 倍、10 歳児は約 1.5 倍であり、これを放射線感受性とした。骨髓の全身分布と比べ、頭蓋骨や椎体、四肢では割合は異なった。放射線感受性を線量として表すための線量測定結果として、ファントムの厚さを 20 cm とした場合、ファントムの材質を変えても測定値に大きな差異は現れなかった。小児の腹厚を想定したファントム厚 15 cm では、アクリルファントムを基準としたとき、タフリングファントム中での線量測定値の比率は最大 2.5 倍程度となった。【結論】本研究ではアクリルファントム、脂肪等価ファントム、タフリングファントムを用いて小児の放射線感受性を示すための各ファントムの組み合わせの一助を示した。しかし、ファントム材質のさらなる検討は必要であり、特に新生児および 1 歳児に対する線量評価には十分な配慮が求められる。

## 27. 放射線治療計画における肺がん CT 画像の Semantic Segmentation

○葛西遼太郎, 三澤正樹

駒澤大学大学院医療健康科学研究科診療放射線学専攻

【目的】CT や MRI 等のモダリティの進歩と共に、より高度な次元での画像診断を可能にすべく人工知能による画像診断支援システムの開発が盛んに行われている。がんの中でも罹患率の高い肺がんに対しても、CNN を用いた研究の報告がされている。本研究の目的は、胸部 CT 画像における肺野領域でディープラーニングベースのセグメンテーションにより、放射線治療計画時に重要な関心領域を抽出して腫瘍領域を同定し描出すると共にリスク臓器を検出する方法を構築することである。

【方法】60 症例の肺がん画像を使用し、前処理としてリサンプリングし再構成した。FN や FP を抑制するため、関心領域である肺野のみを正確に描出し、閾値処理を施した。肺野領域に対して、損失関数を含めた CNN アーキテクチャを形成してセグメンテーションを行い、その精度を評価するためにグラウンドトゥルス画像との類似性を算出した。【結果】セグメンテーション精度を評価し、グラウンドトゥルス画像と比較した腫瘍セグメンテーションの平均ダイス係数は 0.70 を上回り、最高で 0.80 を示した。【結論】得られた結果は、胸部 CT 画像のセグメンテーションによる腫瘍領域の輪郭描出において良好な性能を実証した。限られた画像数の中でも輪郭描出する能力を示した。セグメンテーション精度の向上及びリスク臓器セグメンテーションの損失低減といった改善を施す

ことで、放射線治療計画への臨床応用の可能性がある。

## 28. 生体 MRI における遺伝学的レポーターとしての最適遺伝子群

○林 直弥, 吉田 哲, 畑 純一, 羽賀 柔, 伊東 多恵子, 岡野 栄之, 古川 顕

首都大学東京健康福祉学部放射線学科

【目的】細胞に対して特定の遺伝子を導入して強制発現させると、それによってラベリングを行うことができる。これを遺伝学的レポーターという。例えばその1つである GFP は広く用いられており、それを発現する遺伝子を導入すれば緑色光によって細胞をラベルすることができる。しかし、生体イメージングにおいて GFP を用いるには IVIS という特殊な機器で生体内の光を検出する必要があり、その分解能は良いとは言えない。そこで本研究では、金属イオンを取り込む、或いは保持するタンパク質を強制発現させることで、MRI による細胞イメージング技術開発に向けた遺伝学的レポーターとして有用な遺伝子を検討した。【方法】Transferrin Receptor, DMT1, Ferritin, Ferritin M6A, Mms6, GFP をそれぞれコードする遺伝子を、一般的に用いられている 293T 細胞及び Hela 細胞に様々な組み合わせで導入し、培養した。その後 MnCl<sub>2</sub> 或いは Holo-Transferrin を加えてそれぞれの細胞に取り込ませ、MRI で TR 又は TE を変化させながら撮像した。撮像には 9.4 T-MRI(Bruker)及び内径 86mm の QD コイル(Bruker)を使用した。得られた画像から、各々の細胞の T1 値及び T2 値を計算し、比較・検討した。

【結果】MnCl<sub>2</sub> を加えた時の T1 値は Transferrin Receptor・DMT1・Ferritin を、Holo-Transferrin を加えた時の T2 値は Transferrin Receptor・DMT1・GFP を、それぞれ同時発現させた細胞で最も短くなった。【考察】この結果は、上記遺伝子を導入した細胞が、T1WI 又は T2WI において最も他の組織とコントラストがつくことを示している。従って、細胞ラベリングに最適な遺伝子の組み合わせが判明し、それらを導入・発現させた細胞が T1WI 及び T2WI における遺伝学的レポーターとして有用である可能性が高いことが示唆された。

## 29. Difference of Brain Activity Network in Different Anesthesia Mechanisms

異なる麻酔機序における脳活動ネットワークの相違

Naoki Kawaguchi<sup>1,2</sup>, Junichi Hata<sup>2,3</sup>, Kanako Muta<sup>4</sup>, Yawara Haga<sup>1,3</sup>, Koya Yachida<sup>1,3</sup>,

James Hirotaka Okano<sup>2</sup>, Hideyuki Okano<sup>3</sup>,

Akira Furukawa<sup>1</sup>

James Hirotaka Okano<sup>2</sup>, Hideyuki Okano<sup>3</sup>, Akira Furukawa<sup>1</sup>

○川口尚希, 畑純一, 牟田佳那子, 羽賀柔, 谷内田航也, 岡野 ジェイムス 洋尚, 岡野栄之, 古川顕

首都大学東京大学院人間健康科学研究科放射線科学域

<sup>1</sup>Department of Radiological Sciences, Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University Graduate School

<sup>2</sup>Division of Regenerative Medicine, Jikei University

<sup>3</sup>Laboratory for Marmoset Neural Architecture, Center for Brain Science, RIKEN

<sup>4</sup>Veterinary Surgery Laboratory, Graduated School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

【背景】前臨床試験段階における resting-state fMRI(rs-fMRI)は体動やストレスの影響を抑えるために多くは麻酔下で行われる。しかし、その結果については麻酔の影響を加味しなければならない。また、現在使用されている麻酔薬は1種類ではなく様々な種類の麻酔薬が存在するため、麻酔薬ごとの影響も議論する必要がある。近年中枢神経疾患モデル動物として注目を集めているコモンマーモセットでは、それらの脳機能への影響を調査した報告は乏しい。本研究は、麻酔薬の違いがマーモセットの脳機能接続に及ぼす影響について評価を行うことを目的とする。【方法】対象は健康なコモンマーモセット1体(オス、4歳齢)とし、麻酔薬はイソフルラン(1.5%)及びプロポフォール(1mg/kg/min)を使用した。9.4 T-MRI(Bruker)及びマーモセット頭部専用 8ch コイルを使用し、覚醒下と麻酔下にて安静時機能画像を撮像した(TE/TR:16/2000ms)。気管挿管を行い、撮像中は麻酔濃度や呼吸数、SpO<sub>2</sub>、体温を観察・管理した。取得したデータにSPMでの前処理やCONNでの雑音除去処理等を施し、BOLD信号を算出した。その後、解剖学的に区分した片脳52個の領域データを組み合わせて機能的接続マトリクスを作成した。覚醒下及び2つの麻酔薬使用下での相関係数を比較し、相関性が変化した領域について検討を行った。なお、本研究は理研脳神経科学研究センターの動物実験委員会の承認を受け、動物実験実施指針に従って実施された。【結果と考察】覚醒下と比較してイソフルラン、プロポフォールの双方で脳機能は抑制されていたが、プロポフォールはより保存性に優れていた。また、プロポフォールの方が覚醒下と近い相関を維持した領域が多く、相関が低下した領域はイソフルランとあまり差は

見られなかった。以上より、コモンマーモセットを用いた麻酔下 rs-fMRI においてプロポフォルは有用であり、イソフルラン麻酔下での脳機能評価の際は注意を払う必要があると考えられる。

### 30. 超高磁場 31P-MRS による下肢虚血の回復の代謝過程

○寺脇幸四郎<sup>1)</sup>, 田裕貴<sup>2)</sup>, 畑純一<sup>2)</sup>, 川口尚希<sup>1)</sup>, 小松鉄平<sup>2)</sup>, 岡野ジェイムス洋尚<sup>2)</sup>, 古川顕<sup>1)</sup>

1) 首都大学東京大学院人間健康科学研究科放射線科学域

Department of Radiological Sciences, Tokyo Metropolitan University Graduate School of Human Health Sciences

2) 東京慈恵会医科大学

The Jikei University

【背景、目的】近年生活様式の変化を背景に末梢動脈疾患が増加している。この疾患により虚血が誘発された場合様々な変化が起こるが、中でも ATP をはじめとした高エネルギーリン酸化合物のエネルギー代謝反応が鋭敏である。従来の虚血に対する主な診断法として視診などの定性評価、針生検などの侵襲的方法、また MRA などの血流評価があるが早期に非侵襲的に組織の栄養状態を評価することは難しく、血行再建や虚血肢切断の適応・時期の判断を困難なものとしている。MRI には T2WI など画像診断の他に MRS という、相対的な分子の存在量を得ることができる解析法があり、リン酸化合物に対してこれを行うことで、細胞レベルでの虚血評価が可能であると考えられる。そこで超高磁場 MRI によるエネルギー代謝計測による虚血回復過程を追跡しその特性を見出す。【方法】対象は SD ラット(雄、n=3)とし、麻酔後右下肢に 2 種類の内いずれかの塞栓術を施し塞栓翌日、2 週間及び 4 週後に撮像を行った。MRI 装置は 9.4T MRI (Bruker Biospin)を使用した。撮像データには Top Spin 3.0 を用いてピーク位相補正、ベースライン補正、フィルタリング処理の後処理を施し spectrum を作成した。作成した spectrum は Matlab\_R2017b にて数値化し Microsoft Excel 2016 上で各ピークにおいてスムージング処理を施した後、面積を算出し各代謝量とした。これらを左右下肢それぞれで行い、比を計算することで個体間のばらつきを取り除いた。【結果と考察】31P-MRS における各ピークの代謝量は特徴的な傾向を示した。これらは各虚血処置による影響を反映していたと考える。したがって下肢虚血に対して 31P-MRS を用いて細胞レベルの定量評価を行うことは十分に可能であると考えられる。