

# <sup>99m</sup>Tc-GSA シンチグラフィにおける SPECT 収集データを用いた 肝機能評価 (LHL15) の検討

— 肝機能の定量的評価にむけて —

所谷 亮太郎

医療科学専攻

(指導教員：安田 鋭介 教授)

## はじめに

<sup>99m</sup>Tc-GSA は肝受容体に特異的に集積し、肝予備能評価に広く使用されている。術前肝受容体シンチグラフィから得られる肝機能評価の指標は様々な解析法が報告されているが、簡便で装置依存性のない LHL15 が最も多く使用されている。通常、これらの指標の算出には体の前面にガンマカメラを近接させて、前面からの一方向のみで撮像を行う平面撮像法を使用するのが一般的である。しかし、体前面からの平面撮像法は深さ方向の情報を有していない。このため、占拠性病変の位置が測定値に影響を及ぼす可能性がある。

また、近年、SPECT-CT の補正アルゴリズムの進化により、減弱や散乱の補正が可能となっている。GSA 検査でも SPECT-CT を用いて検査を行う事で、深さ方向の情報を有し、減弱や散乱の補正がなされた指標の算出が可能である。

## 目的

当研究の目的は LHL15 において占拠性病変を模した吸収散乱体が撮像方法に及ぼす影響を明らかにするとともに、SPECT-CT 撮像法により補正が可能か評価する事にある。

## 方法

本検討では、臨床相当の肝臓濃度となる約 100kBq/

mL に調整した <sup>99m</sup>Tc 溶液を肝臓ファントム (1600mL) に注入した。心臓ファントム (133mL) に同じ放射エネルギーの <sup>99m</sup>Tc 溶液を注入し、封入放射エネルギーが 1:1、LHL15 の参考値が 0.5 となる様、調整した。作成したファントムを前面からの一方向による平面撮像、及び 360° 方向からの SPECT-CT 撮像を行い、LHL15 を算出した。

位置依存性を評価する為、肝臓ファントム内へ水 200mL を注入した風船を腫瘍に見立てた吸収散乱体として封入し、吸収散乱体の位置を右葉前面、右葉後面、中央、左葉と移動させ、それぞれ前面からの一方向による平面撮像、及び 360° 方向からの SPECT-CT 撮像を行なった。撮像により得られた Time Activity Curve (TAC) より各位置における LHL15 を算出し、吸収散乱体を封入しない場合と比較し評価した。

容積依存性を評価する為、水風船を吸収散乱体として中央に封入し、その体積を 50, 100, 200, 400mL と変化させ、それぞれ前面からの一方向による平面撮像、及び 360° 方向からの SPECT-CT 撮像を行なった。撮像により得られた TAC より各容積における LHL15 を算出し、吸収散乱体を封入しない場合と比較し評価した。

統計学的手法としては Mann-Whitney U test を使用し、 $p < 0.05$  を有意水準とした。

## 結果

位置依存性の評価において、平面撮像法では肝臓内

に吸収散乱体を封入しない場合、及び肝臓ファントムの右葉後面に吸収散乱体を封入した場合で LHL15 はそれぞれ中央値 0.494, 0.493 となり、参考値に近い値を示した。一方前面に封入した場合、右葉前面では中央値 0.468, 中央では中央値 0.467, 左葉では中央値 0.464 となり、それぞれ参考値に対して低い値を示した。また、Mann-Whitney U test にて、右葉前面, 中央, 左葉では吸収散乱体を封入しなかった場合に対し、有意な差を認められた (右葉前面  $p=0.0011$ , 中央  $p=0.0017$ , 左葉  $p=0.0018$ )。

SPECT-CT 撮像法では、吸収散乱体を封入しなかった場合、中央値 0.509 に対し、右葉前面では中央値 0.504, 右葉後面では中央値 0.500, 中央では中央値 0.503, 左葉では中央値 0.509 となり、いずれの位置においても参考値に近い値を示した。また、Mann-Whitney U test にて、吸収散乱体を封入しなかった場合に対し、いずれの場所においても有意な差を認めなかった (右葉前面  $p=0.285$ , 右葉後面  $p=0.675$ , 中央  $p=0.288$ , 左葉  $p=0.819$ )。

容積依存性の評価において、平面撮像法では肝臓内に吸収散乱体を封入しない場合、中央値 0.499 に対し、容積 50mL での中央値 0.484, 100mL の中央値 0.486, 200mL の中央値 0.468, 400mL の中央値 0.458 となり、容積の増加に伴い LHL15 は低下する傾向にあった。また、Mann-Whitney U test にて、吸収散乱体を封入しない場合に対し、全ての容積で有意な差を認めた (50mL  $p=0.012$ , 100mL  $p=0.0119$ , 200mL  $p=0.00079$ , 400mL  $p=0.0117$ )。

一方 SPECT-CT 撮像法で得られた LHL15 は、吸収散乱体を封入しない場合の中央値 0.508 に対し、容積

50mL での中央値 0.51, 100mL での中央値 0.512, 200mL での中央値 0.506, 400mL での中央値 0.503 であり、いずれの位置においても参考値に近い値を示した。また、Mann-Whitney U test において、吸収散乱体を封入しない場合に対し、いずれの容積でも有意な差を認めなかった (50mL  $p=0.674$ , 100mL  $p=0.987$ , 200mL  $p=0.292$ , 400mL  $p=0.141$ )。

## 考 察

平面撮像法により得られた LHL15 は、前面に吸収散乱体を配した場合に欠損像として描出され、参考値から有意に低下した。これは、撮像を前面からの一方向のみで行っているため、吸収散乱体により本来検出しなければならない光子を検出できなかったためである。

SPECT-CT によるダイナミック収集により得られた LHL15 は、いずれの部位に吸収散乱体を封入した場合でもほぼ参考値通りの値を示した。これは、360°から撮像した事により前面、後面の位置による依存性がなくなった事、及び CT による減弱補正により吸収散乱体による光子の減弱を補正できたためと考えられた。

## 結 論

平面撮像法による LHL15 は位置依存性、及び容積依存性を認めた。

SPECT-CT による撮像は、位置依存性、及び容積依存性を補正でき、より正確な指標を算出できる可能性が示唆された。

# 小児頭部 CT 検査における線量低減を目的とした教育支援の効果

佐々木 健

医療科学専攻

(指導教員：武藤 裕衣 准教授)

## 背景

2004 年に行われた西澤らの実態調査によると、日本の放射線被曝の半分を占める CT 検査の 46% は、頭部 CT 検査という結果であり、0～14 歳においては 82% であった。小児の CT 検査に関しては、成人と比較し体格の違いから、実効線量がおよそ 2 倍程度高くなることが報告されている。

Paolicchi F らは小児頭部 CT 検査の線量は診療放射線技師に訓練をおこなうと低減できると報告しているが、一方で limitation として診療放射線技師などの撮影者個々の相関が取られていないことをあげている。そこで、診療放射線技師経験年数が高いと小児頭部単純 CT 線量が低いのではと考え、その要因を探るとともに、教育により線量低減が図れるか検討した。

## 目的

本研究では、0 歳～10 歳までの乳幼児、小児の頭部 CT 検査に対する診療放射線技師の医療被曝への理解、認識を調査し、講習会を行なうことで小児頭部 CT の医療被曝低減を試みた。

## 使用機器

GE 社 製 CT 装置 Discovery750HD・GE 社 製 Dose Watch・IBM 社 SPSS Statistics

## 方法・対象

(対象)

同一施設に勤務する診療放射線技師 36 名

(方法)

- 1 医療被曝、特に小児にかかわる問題点の講習会を講習会時間 30 分で開催し、その前後で知識確認試験を行なった。  
試験問題は講習会内容より作成した 10 問の○×問題とし、講習会前後で同一問題を行なった。
- 2 A 病院で 2016 年 5 月～10 月の半年間に施行された頭部単純 CT 検査のうち、10 歳以下の平均 DLP (dose length product) を算出し、日本の診断参考レベルにある、① 1 歳未満② 1～5 歳③ 6～10 歳に分け集計した。
- 3 2017 年 5 月～10 月についても方法 2 同様に集計した。
- 4 集計結果を比較し講習会の有効性について考察を行なった。

なお、本研究は自施設の倫理委員会の承認を得て行なった。(29-467)

## 結果

- 1, 知識確認試験の講習会前の平均点は  $6.50 \pm 1.40$  点、講習会後は  $8.75 \pm 1.04$  点であった。そのうち CT 担当者の 19 名では、講習会前  $6.57 \pm 1.27$  点、講習会後  $8.63 \pm 1.22$  点、非 CT 担当者の 17 名で

は、講習会前  $6.41 \pm 1.62$  点、講習会后  $8.88 \pm 0.78$  点であり、講習会前後で平均点は有意に上昇した。

- 2, 2016年5月～10月に施行された小児の頭部単純CT検査は69件であった。そのうち体動による再撮影を行った4件を検証対象から外し、集計すると、全体の平均DLPは  $301.54 \pm 173.06 \text{mGy} \cdot \text{cm}$  で、区分別で分けると

① 1歳未満： $130.66 \pm 20.95 \text{mGy} \cdot \text{cm}/5$  件

② 1～5歳： $250.18 \pm 159.87 \text{mGy} \cdot \text{cm}/33$  件

③ 6～10歳： $395.94 \pm 154.85 \text{mGy} \cdot \text{cm}/27$  件

となり、診療放射線技師経験年数5年未満と5年以上では、5年未満  $365.19 \pm 222.79 \text{mGy} \cdot \text{cm}$ 、5年以上  $276.28 \pm 139.97 \text{mGy} \cdot \text{cm}$  で、診療放射線技師経験年数と線量に有意差は認められなかった。

- 3, 2017年5月～10月に施行された小児の頭部単純CT検査は71件であった。そのうち体動による再撮影を行った2件を検証対象から外し、集計すると、全体の平均DLPは  $285.47 \pm 139.55 \text{mGy} \cdot \text{cm}$  で、区分別で分けると

① 1歳未満： $424.19 \pm 402.1 \text{mGy} \cdot \text{cm}/4$  件

② 1～5歳： $237.84 \pm 103.73 \text{mGy} \cdot \text{cm}/36$  件

③ 6～10歳： $325.45 \pm 95.92 \text{mGy} \cdot \text{cm}/29$  件

となり、診療放射線技師経験年数5年未満と5年以上では、5年未満  $267.61 \pm 100.8 \text{mGy} \cdot \text{cm}$ 、5年以上  $329.61 \pm 128.87 \text{mGy} \cdot \text{cm}$  で、有意差は認められなかった。

## 考 察

結果より、CT担当の有無にかかわらず、講習会は医療被曝の知識向上に有効であり、特にCT担当で診療放射線技師経験年数が高いほど効果的であると考えられる。また、日常業務の経験が講習会の理解に関係していると示唆されるが、知識が高まっても行動に反映させるにはある程度の経験が必要であると考えられる。これは講習会後の線量が有意傾向を示したものの経験年数5年未満でバラつきが大きかったためである。講習会前後の再撮影は4件（再撮影率5.8%）から2件（再撮影率2.8%）に半減した。要因として、講習会内容にプロトコル選択に関してや、患者固定方法についてを含め、具体的な実践方法を指導したことが考えられる。講習会受講によって、患者被曝線量の最適化に向けた意識、専門知識が向上し、再撮影や追加撮影を減少させ、結果として線量の最適化に寄与したと考える。

## 結 論

小児頭部CT検査の線量低減には、放射線被ばくの知識だけでなく具体的な低減方法の教育が必要であり、本研究の講習会はこれらの内容を網羅しており、有益であった。また、それらを教育することで、小児頭部CT検査の線量低減が可能であると言える。

# ヘパリン類似物質が放射線治療マーカールに与える影響の検討

三木 史行

医療科学専攻

(指導教員：黒崎 弘正 客員教授)

## 背景

近年、乳房や頭頸部照射を行う際に保湿剤を使用すると、放射線皮膚炎の予防や重症化防ぐという報告がある。その一方で、放射線治療においては皮膚マーキングが必要であり、保湿剤の塗布で皮膚マークが消えないことが重要である。

## 目的

保険採用しているヘパリン類似物質において、保湿剤を使う場合と保湿剤を使わない場合を比較して皮膚マークが消えにくい製剤を検討することを目的とする。

## 材料

この実験で使用する保湿剤の商品名(販売元)を以下に示す。

- ① ヒルドイド<sup>®</sup>クリーム (マルホ株式会社)
- ② ヒルドイド<sup>®</sup>ソフト軟膏 (マルホ株式会社)
- ③ ヒルドイド<sup>®</sup>ローション (マルホ株式会社)
- ④ ヘパリン類似物質外用泡状スプレー0.3% (日本臓器製薬株式会社)

この実験で使用する皮膚マーカールを以下に示す。

- ⑦ 油性マーカール：お名前マッキー<sup>®</sup> (ゼブラ株式会社)
- ⑧ 大山氏液処方マーカール：マーカールペン<sup>®</sup> (エンジニアリングシステム株式会社)

## 方法

腹部に油性マーカールにて5本ラインを書き、次の1~5の状態で、診療放射線技師が目視にて観察する。

1. ラインを書いた直後
2. ラインを書いて各薬剤を3回塗った直後
3. 24時間後に各薬剤を3回塗った直後
4. 48時間後に各薬剤を3回塗った直後
5. 72時間後に各薬剤を3回塗った直後

なお、この間、腹部は風呂に毎日1回入るが、石鹸等では洗わずにいることとする。また、同じように大山氏液処方マーカールでも同様の実験を行う。

判定方法はどの薬剤を塗られたか知らない、かつ独立した放射線治療の経験を半年以上有する診療放射線技師4名が、ラインを書いた直後を10として、残っているラインを10~0の11段階評価で目視評価し、平均化する。

## 結果

保湿剤を使った場合、油性マーカールおよび大山氏液処方マーカールともに、もっとも視覚的な評価が高かったのはヒルドイド<sup>®</sup>クリームであった(図1, 図2)。

統計解析において one way anova 検定を用いた5群間比較では、油性マーカールはP値<0.01, 大山氏液処方マーカールはP値=0.02で有意差が認められた。Tukey法による多群間比較では、油性マーカールと大山氏液処方マーカールともに、保湿剤無しはヒルドイド<sup>®</sup>クリーム以外の他の保湿製剤に対して、有意差が認められた(>3.92)。

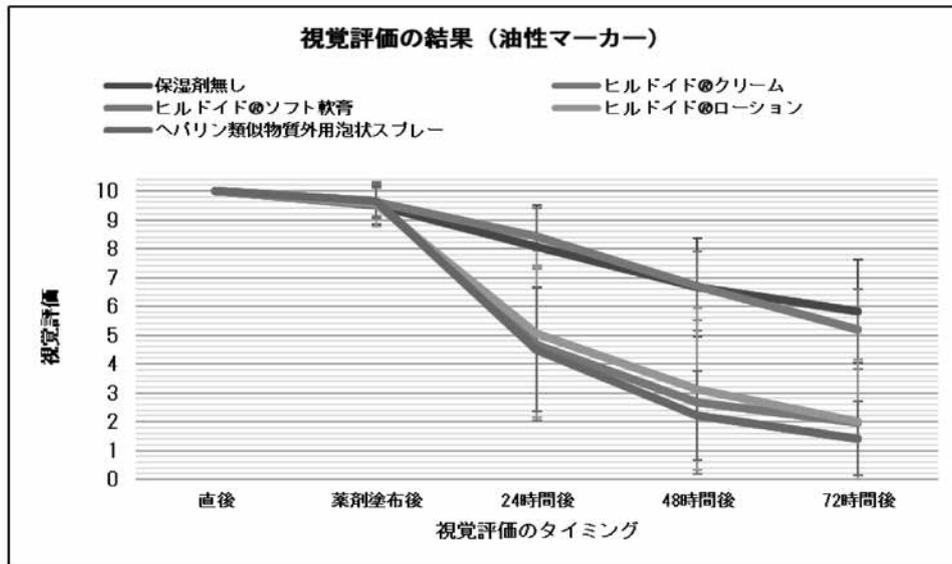


図1 被験者 A 及び B における視覚評価全体の結果（油性マーカ）

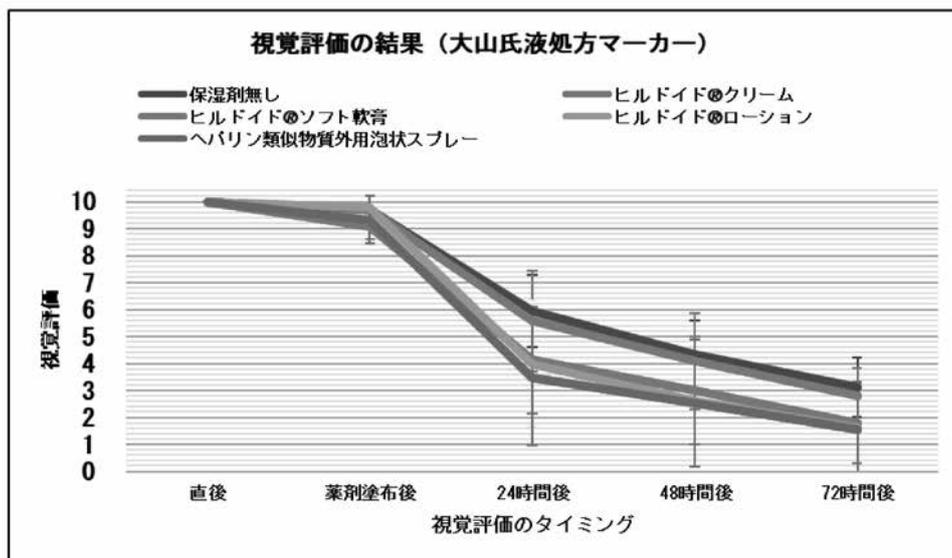


図2 被験者 A 及び B における視覚評価全体の結果（大山氏液処方マーカ）

## 考 察

保険採用しているヘパリン類似物質において、油性マーカと大山氏液処方マーカによる皮膚マークにおいて、先発品であるヒルドイド®クリームの視覚評価は両方で高かった。

また、野澤らの先発医薬品のヒルドイド®ローションとヒルドイド®クリームいずれも後発医薬品に比べ、有意に皮膚の水分量が増加したという報告がある。

これから皮膚の副作用を抑えるという点と、油性マーカと大山氏液処方マーカを使用した皮膚マークの視覚評価の結果から、先発品のヒルドイド®クリームの使用が適していると考えられる。

## 結 論

放射線治療時には、ヒルドイド®クリームを使用することが、皮膚マークの視覚評価の点から優れていることが示唆された。

# 食生活改善への行動変容の手段として 薬膳的概念を取り入れた保健機能食品の活用

服部 知美

医療科学専攻

(指導教員：長村 洋一 教授)

## はじめに

日本人の死亡原因は、1位悪性新生物、2位心疾患、3位肺炎、4位脳血管疾患であり、これらは生活習慣、特に食生活との関わりが大きいことは、明らかとなっている。食生活をはじめとする生活習慣の改善ができれば、健康寿命の延伸が可能になり、ひいてはわが国の医療費の抑制へとつながる。しかしメタボリックシンドロームやその予備軍者、また法律に基づき平成20年から導入されたメタボリックシンドローム等の生活習慣病予防のための特定保健指導の対象者（以下「特定保健指導対象者」という）への食生活指導はなかなか効果が得られないことが多い。

## 目的

本研究では、メタボリックシンドロームやその予備軍者及び特定保健指導対象者、さらに健康上気になる問題を抱えている者へ向けて、健康増進のための食生活への行動変容を喚起する手段を見出すことを目的とした。最初に伝統的な中医学に基づく薬膳を用いることを考えたが、日本国内では、法律に抵触するケースが多くなりその利用は困難であった。しかし日本の保健機能食品（特定保健用食品、栄養機能食品、機能性表示食品）は保健機能の科学的エビデンスのある国の制度上の食品である。そこで食生活の行動変容を喚起する手段として、薬膳素材の代わりに、これらの食品を用いる献立の開発を試みた。

## 方法

使用する保健機能食品は、錠剤カプセル型を除く一般食品形態と生鮮食品とした。並行して機能性についても調査した。また健康増進を目的とするため、特定保健指導対象者も含め疾患に罹患していないものを対象とした。献立開発に当たっては次のようなことを基本とした。1. 食生活改善の動機づけとなるようなおいしい食事に重点を置いた。本研究における「おいしい」とは、平均的日本人が長年慣れ親しんだ通常の味に対して大きな「違和感」を感じさせないと推測される味を構成する献立の味とした。2. 健康への期待が膨らみ、喫食意欲も高まり、食生活改善の動機づけとなるようないくつかの保健機能を兼ね備えた献立とした。3. 毎日食べても飽きないようにさまざまな献立に発展できるように、多様性を富ませた。4. 伝統薬膳の考え方を尊重して、薬膳において推奨されている地産地消の考えに基づき、入手可能なものは、旬の食材、地元産の食材を使用した。5. 伝統薬膳では考慮されていない、たんぱく質(P)、脂質(F)、糖質(C)のPFCバランス、エネルギー量および食塩相当量を考慮して一食の栄養価を整えた。6. 実際に消費者として私が立てた献立を利用できるようにするため、各食品メーカーから販売されている様々な保健機能食品を店で購入し調理を行った。

## 結果

日本人が違和感を覚えない味の科学的根拠のある素材を用いた献立を40食以上作成したが、そのうちの特に私がおいしいと感じた代表的なものを紹介する。それらの献立には食べる人の動機づけのために同時にキャッチコピーを付けた。「菜粥で胃も心もリラックス～血圧と血中中性脂肪の上昇抑制～」「糖質の吸収を抑え血中脂質と血圧の上昇抑制、おなかの調子を整える1食」「血中脂質の改善と骨の健康に役立つ中華」「血中脂質の改善とおなかの調子を整えるクリスマスランチ」「内臓脂肪を減少させコレステロール値を改善して骨の健康に役立つ正月和洋折衷膳」

研究室の学生の助けも得て前述のように40食以上立てた献立を実際に調理した。しかし、保健機能食品を使った献立を日常生活の中に定着させ具体化しようとすると、その素材の調達が非常に困難であることが判明した。また特に機能性表示食品においてエビデンスに関して問題点があることが分かった。

## 考察

私は自分が管理栄養士として特定保健指導を行っているが、対象者の食生活に関し行動変容を起こさせることがなかなか困難であることに苦労をしている。彼らの食生活の行動変容を起こさせるために体脂肪を減らす、血糖を上昇させない、などの概念的なことを具体的に献立として明示することができれば良いと考えて本研究に取り組み保健機能食品を用いた献立を立てた。

次に立てた献立の日本向け薬膳の効果とその限界について考察を行った。機能性表示食品が食事へ組み込まれたとき、使用する一般食品や、栄養素の相互作用も考慮し、また、毎食食品が変わり、一般食品の含む機能性関与成分も把握し、総合して身体にどのような影響があるのかを明らかにしなければならないが、十分な考察は方法論的な問題も含めできなかった。しかし、この状況の中でも今後さらに保健機能を有する成分の調理に対する安定性、食品として混合したときの相互作用などの検証を進めるとともに、最終的にはこれらの献立を一定

期間特定の対象者に提供をして、改善の効果を確かめなければならないことが明らかになった。

実際に管理栄養士として栄養指導で今直面している問題の解決に最優先に取り組むべきである。つまり、食生活改善の必要性はわかっているけれども多くの人はそれを行動へ移すことが難しく、「わかっているもできない」という現状である。いかに実践に結びつけ、食生活の行動変容へと導くかが管理栄養士として最も大切な責務である。すなわち、科学技術の成果を人と社会に役立てるための科学「レギュラトリーサイエンス」の研究を進めることが、今後管理栄養士に求められている。

しかし、少なくとも保健機能に関するエビデンスを有する食材を使用している献立にキャッチコピーを付けて供給するという事は、自己効力感に対しての効果を期待できると考えている。自己効力感とは、自分がある状況において必要な行動をうまく遂行できるかという可能性の認知であり、心理学分野で用いられる言葉である。つまり、ある結果をもたらす行動をできるという確信度をいい、食行動、喫煙、運動、飲酒など長期間にわたって形成された生活習慣の変容を促す場合、さらに今後の生活で継続していくためにその概念は不可欠である。自己効力感を含み動機づけがされやすくなるには、ある行動変容による利益と不利益を秤にかけて、利益の方が大きいと感じることである。例えば、食生活改善の手段に日本向け薬膳を取り入れることは、科学的根拠のある保健機能食品を複数使用した日本向け薬膳を食することで、「体によく健康になれる」という利益に、「おいしいと感じることによる慣れ親しんだ食べやすい食事」ということが加わるので、食事への我慢という不利益は軽減する。さらに、多彩な献立例を示すことで家庭での調理担当者の調理意欲もわいて、日本向け薬膳が食卓に上る機会が増えるようになれば、「体によい食事がとれているので、きっとこれで健康になれる」という自己教示につながり、その結果、自己効力を高め、対処評価を上げることにつながる。このように私が今回立てた献立は、自己効力感を高め、食生活改善への動機づけへと導くことができる一つの手法として活用できることが明らかになった。

## 結 論

以上のように私が考えた日本向け薬膳の健康に対する保健機能効果は、具体的な立証がなされない限り推測の域を出ないという問題点を含んでいる。しかし、西洋医学に基づく栄養学により栄養価計算されたバランスの良い食事に、中医学に基づく薬膳の概念を取り入れた保健

機能食品（機能性表示食品）を使用した食事は、日本向け薬膳として、新たな健康食と成り得ると同時に、自己効力感を高める一因となり、食生活改善への行動変容の動機づけの手だてになると考える。そしてこのような保健機能を有する献立が本当に食べた人に有効であるか否かの研究は未だなされておらず、レギュラトリーサイエンスの一領域を形成させることができると示唆された。

# 肺血管 3D-CT における描出能をみるための新しい評価法の検討

新田 忠弘

医療科学専攻

(指導教員：安田 鋭介 教授)

## はじめに

近年、肺がん手術においては術後患者の負担軽減を目的に胸腔鏡下手術（以下、VATS）が行われている。VATS を安全に行う上で肺血管および気管支の分岐・走行を詳細に把握することが重要であり、その手段として造影 CT による肺血管の 3D 画像（以下、3D-CT 画像）が有用である。

3D-CT 画像の作成では、workstation 上で肺動脈と肺静脈を分離させる処理（以下、Separation 処理）が必須である為、画像収集時に肺動脈と肺静脈に造影コントラストを付ける必要が生じる。造影コントラストが低くければ、Separation 処理が困難となり 3D-CT 画像の描出能は低下する。逆に必要以上に高くすることは、造影剤使用量の増加を招く。したがって造影コントラストの基準を確立することで、再撮影が必要か否かを判断する指標になるとともに総ヨード使用量の最適化が図れる。いくつかの先行研究では主肺動脈（以下、main PA）と左心房（以下、LA）の CT 値差に着目し、そこに一定の基準値を設けて評価している。しかし、その基準値は必ずしも統計処理によって得た値ではない。したがって、確立された値がないのが現状である。

## 目的

肺血管 3D-CT 画像の描出能と CT 値の関係性を明らかにし、定量的な評価法を提案する。

## 方法

2016 年 2 月より 8 月までの 7 か月間に東京医科大学八王子医療センターにて VATS 術前に造影 CT を施行した肺癌患者、連続 34 例を対象にした後向き調査を行った。尚、本研究は東京医科大学八王子医療センターにおいて倫理審査委員会の承認を得ている。

肺血管 3D-CT 画像の描出能を、CT 値を用いて定量的に評価するために、定量評価法として ROC 解析を用いて検討した。視覚評価による 3D 画像の描出能評価結果を状態変数、mainPA・LA の CT 値から算出した CT 値差と CT 値比を検定変数とした。定量評価方法を以下に示す。

①視覚評価は、全対象患者 34 例 68 時相分の Volume Rendering 画像を視覚的に評価した。評価基準には亜区域気管支レベルの血管が半数程度以上描出されているものを「good」とし、それ未満を「failure」とした。評価者は呼吸器外科医 1 名、放射線科医 1 名、診療放射線技師 4 名にて実施した。評価が分かれた症例に関しては多数決を用いて総意とした。また、評価者間の一致性には kappa 統計量を用いた。② mainPA・LA の CT 値の測定は、全対象患者 34 例の画像データ（スライス厚 0.625mm）を用い、1 時相目と 2 時相目の全 68 時相を測定し、得られた測定結果から mainPA・LA の CT 値差と CT 値比をそれぞれ算出した。③視覚評価と main PA と LA の CT 値差と CT 値比を比較方法は、視覚評価で得た「good」群と「failure」群それぞれの CT 値差と CT

値比の中央値を求めて群間比較を行った。また、1時相と2時相目の視覚評価スコアとCT値差とCT値比それぞれの相関関係を検討した。④ROC解析方法は、解析で得たArea Under the Curve (以下、AUC) から3D-CT画像の描出能とCT値の関連度を評価し、カットオフ値から視覚評価における評価基準についてCT値を用いて数値化した。次に、検定変数であるmain PAとLAのCT値差とCT値比からAUC、95%信頼区間、カットオフ値およびカットオフ値における感度、特異度、陽性反応的中率、陰性反応的中率をそれぞれ求め、両者を比較し有意差検定を行った。

## 結 果

①視覚評価結果は、「good」群が52画像、「failure」群は16画像であった。評価者間のkappa係数は0.81と高い一致性を認めた。②main PA・LAのCT値差とCT値比の算出結果は、CT値差の1時相目の中央値が313.3HU、2時相目は209.5HUで、CT値比は、1時相目が4.12、2時相目は2.37であった。③視覚評価とmain PAとLAのCT値差とCT値比の比較結果は、CT値差およびCT値比は何れも「good」群と「failure」群との間に有意差( $P < 0.01$ )を認めた。また、相関関係の検定結果は、2時相目における視覚評価とCT値比には、有意な相関を認めなかった。その他、視覚評価と各時相のCT値差および2時相目のCT値比には、有意な相関を認めた。④ROC解析結果は、CT値差のAUCは0.838、CT値比のAUCは0.770であった。CT値差とCT値比の間に有意差( $P = 0.077$ )は認めなかった。CT値差のカットオフ値は177.1HUで感度、特異度、陽性反応的中率、陰性反応的中率はそれぞれ0.923、0.750、0.923、0.750であった。また、CT値比のカットオフ値は2.565で感度、特異度、陽性反応的中率、陰性反応的中率はそれぞれ0.673、0.750、0.897、0.414であった。

## 考 察

定量評価法として用いたROC解析の状態変数である視覚評価結果のデータは、kappa係数(0.81)が非常に高く、信頼性の高いデータと言える。また、検定変数であ

るCT値差およびCT値比のデータは、何れも視覚評価における「good」群と「failure」群との間において統計学的有意差を認め、検定変数として適切な変数と言える。

ROC解析より、CT値差とCT値比のAUCは何れも0.7を上回る高い結果であり、3D-CT画像の描出能とmain PA・LAのCT値との間における高い関連度が明らかになった。AUCの比較では、CT値差のAUCが高く3D画像の定量評価にはCT値差を用いることでより高精度な評価が行える。また、視覚評価と2時相目のCT値比には、有意な相関は無く、3D画像の定量評価にはCT値比を用いることは不適切と考える。次に、CT値差のカットオフ値は177.1HUであり、CT値差が177HUを超える3D画像は、術前検査として評価し得る画像であり、逆に下回る場合は、再造影を要する必要があるため画像を慎重に評価する必要がある。また、CT値差の目標値を177HUとした造影条件に設定することで、視覚評価における良好な3D画像を最小限の造影剤投与量で取得できると考える。

視覚評価とCT値の不一致症例は、視覚評価にて「failure」でCT値差がカットオフ値を上回った症例が4症例存在した。これらは何れもworkstationの骨の自動除去処理時、同時に多くの血管が除去されたことが原因であった。また、視覚評価にて「good」でCT値差がカットオフ値を下回った症例も4症例存在した。4症例中3症例はCT値差が150HUを上回っており、カットオフ値に近い値であった。前述した視覚評価で「failure」、CT値差はカットオフ値を上回った症例によりカットオフ値が高く持ち上げられたことが要因の可能性がある。残りの1症例はCT値差が100HUを下回っていたが、血管の中核から末梢までが均一な造影効果を有していた。その為、低いCT値差でも末梢血管の描出能が確保されていたと考える。これら視覚評価とCT値の不一致症例の考察を踏まえると、本評価法ではworkstationの自動除去処理機能が感度・特異度に多大な影響を及ぼすと考える。

本評価法は肺血管の3D画像のみならず他領域への応用も期待できる。リミテーションとしては、単一施設での検討であること、症例数が限られていること、ROC解析のカットオフ値は使用するCT装置、Workstationおよび

造影方法により異なることなどである。今後は、症例数を重ね多施設間での試験を行う必要がある。

## 結 論

肺血管 3D-CT 画像の描出能を、視覚評価結果と CT

値を変数とする ROC 解析を用いた評価法を提案した。本評価法より mainPA と LA の CT 値差の閾値を 177HU とすることで、再構成後の画像品質が予想可能となり、再造影を検討する有効な指標になった。

# 超音波画像検査における視線解析

## — 肝臓領域を中心に —

今尾 仁

医療科学専攻

(指導教員：土屋 仁 客員教授)

### はじめに

超音波画像検査は極めて侵襲性の低い画像検査である。検査部位の適応範囲は広く、消化器、循環器、産婦人科、小児においても第一選択となることが多く見られる。また環境の適応も広く実施場所が制限されにくい検査である。

超音波画像検査は術者が手動的に走査し、任意の断層像をリアルタイムに描出しながら病変の検出を行う検査である。CT、MRIのように連続断面の保存や、全てのスキャンを動画として保存しない場合が多い。静止画、動画に保存されていない箇所は、検査後の見直しが困難である。超音波画像検査における所見の検出は術者に大きく依存する。

超音波画像検査における検出力の差を症例数や経験などから検討した報告は見られる。また経験の浅い術者は肝臓の観察において、脈管ばかりに目が行き、肝臓実質内の占拠性病変を見落とすことがあるとされる。しかし、超音波画像検査において、視線解析を行い、視覚行動を定量化した報告は見かけない。

### 目的

本研究は肝臓領域の腹部超音波画像検査において、腫瘍性病変の検出力の高い術者と、検出力の低い術者の視覚行動の差を明確にするために、検出力の高い術者と、検出力の低い術者の視線解析を行い、視覚行動の

有意差を検証した。

### 方法

- 対象：腹部超音波画像検査の経験者 10 名
- 視線検出システム：EyeExpert (FUJITSU JAPAN)、視線解析ソフト：EyeExpertVisualizer、面積測定ソフト：lenarag220b、画像編集ソフト：PictBear、統計解析ソフト：EZR
- 肝腫瘍性病変の有所見群 30 例、無所見群 30 例の動画の観察試験、ROC 解析より、観察者の検出能力を評価し、AUC が 0.7 以上の検出力の高い群（以下：高 AUC 群）と、0.7 未満の検出力の低い群（以下：低 AUC 群）に 2 群化した。
- EyeExpert を使用して、超音波画像検査の走査動画を観察中の視線を検出し、高 AUC 群と低 AUC 群の注視時間、随従性運動時間を比較した。注視、随従性運動において、視線検出点を肝臓実質、肝内脈管構造物（肝動脈、肝静脈、門脈、肝内胆管）、その他（胆のう、腎臓、脾臓、肝外脈管構造物など）に分類し、注視時間と随従性運動時間を比較した。検出点の分布（集中度）を示すヒートマップを作成し、全領域面積と高頻度検出領域面積を比較した。

### 結果

観察者 10 名の AUC は 0.7 以上が 6 名、0.7 未満が 4 名であった。注視時間では高 AUC 群は平均 1765 ± 845

(ms), 低 AUC 群は平均  $453 \pm 316$  (ms), 随従性運動時間では平均高 AUC 群は  $4661 \pm 873$  (ms), 低 AUC 群は平均  $5882 \pm 316$  (ms) であった。高 AUC 群は有意に注視時間が長く, 随従性運動時間が短かった。

肝臓実質の注視時間では高 AUC 群は平均  $837 \pm 439$ (ms), 低 AUC 群は平均  $134 \pm 164$  (ms), 肝内脈管構造物の注視時間では高 AUC 群は平均  $201 \pm 165$  (ms), 低 AUC 群は平均  $16 \pm 33$  (ms) であった。肝臓実質, 肝内脈管構造物の注視時間は高 AUC 群の方が有意に長かった。

その他の注視時間, 肝臓実質, 肝内脈管構造物, その他の随従性運動時間, ヒートマップ面積の比較においては高 AUC 群と低 AUC 群に有意差は認められなかった。

## 考 察

高 AUC 群では注視時間が有意に長く, 低 AUC 群に比べ情報の収集行動の時間が長いことが検出力に影響すると示唆されるが, 注視時間と検出力の関連については今後, 検討が必要である。随従性運動時間は肝臓実質

に対して脈管や胆嚢, 肝臓周囲の血管や腎臓などの顕著性の高い部位が観察領域内に連続して表示されることで, 視線の補足, 誘導が連続して発生し, 低 AUC 群では有意に長くなったと考えられる。肝臓実質, 肝内脈管構造物, その他の比較では, 肝臓実質と肝内脈管構造物の注視時間は高 AUC 群が有意に長く, 肝臓実質, 肝内脈管構造物, その他の随従性運動時間に有意差は認められなかったが, EyeExpert の検出精度は, 適切なキャリブレーションが実施された場合でも 2deg 未満の誤差が存在する。また注視中に起こる細かい眼球運動である固視微動が存在し, 微細な肝内脈管構造物上での検出点についてこれらの誤差の検討が必要と考えられる。

## 結 語

検出力の高い術者と, 検出力の低い術者の視覚行動において, 検出力の高い術者では注視時間が長く, 随従性運動時間は短かった。これらは顕著性の高い部位からの影響の差によると考えられ, 情報の収集行動である注視時間の差が検出力に影響を与えることが示唆された。