

氏名	田中 泰吉
(ふりがな)	(たなか やすよし)
学位の種類	博士(医学)
学位授与番号	甲 第1164号
学位審査年月日	令和3年1月27日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題名	Evaluation of the impact of linked color imaging for improving the visibility of colonic polyp  (大腸ポリープの視認性を向上させる Linked color imaging の評価)
論文審査委員	(主) 教授 内山 和久 教授 田中 慶太郎 教授 大須賀 慶悟

### 学位論文内容の要旨

#### 《緒言》

本邦における大腸癌の罹患数および死亡数は著しく増加している。大腸癌を予防するためには、大腸内視鏡検査で大腸癌の前癌病変である大腸腺腫を早期発見し、早期治療することが重要である。近年、消化管内視鏡の画像をコンピュータ処理する「画像強調内視鏡」が大腸腫瘍性病変の検出率の向上に有用であることが報告された。富士フイルム株式会社により開発されたレーザー光を用いた新たな内視鏡システムでは、狭帯域の波長を主体にした Blue Laser Imaging (BLI) や、狭帯域レーザー光と白色レーザー光を組み合わせ、色のコントラストを高めて画像構築を行った Linked Color Imaging (LCI) が搭載されている。特に LCI は、遠景でも輝度が損なわれないため、大腸ポリープの視認性が向上する可能性が期待される。実際に、LCI と White Light Imaging (WLI) で大腸腺腫の検出率

を比較し LCI が有意に検出率を上昇させるとの報告が存在するが、どのような機序で視認性が向上されるのか定量的に検証はされていない。

#### 《目的》

大腸ポリープとその周辺粘膜の色の違いを色差 ( $\Delta E$ ) を用いて定量化することで、LCI の通常観察における有用性を評価し、さらに拾い上げた病変の拡大写真を用いて、拡大観察における LCI の有用性も評価することを目的とした。

#### 《対象/方法》

本研究は後方視的な単施設観察研究である。2016年12月から2017年5月までの期間に大腸内視鏡検査を施行しポリープを認めた患者を対象とした。検出された各ポリープについて、同一病変で同一視点から見た3種類の画像 (WLI、BLI、LCI) を選択し、さらに色素内視鏡検査の画像も評価に用いた。

また、大腸内視鏡拡大画像の場合は、同一病変で同一視点から WLI、BLI、LCI の画像を撮影した高倍率 (80 倍) の画像を評価対象とした。大腸内視鏡検査は LASEREO システム (富士フイルム株式会社) を使用し、EC-L600ZP 内視鏡を使用して行った。

$\Delta E$  は、黒白軸 ( $L^*$ )、赤緑軸 ( $a^*$ )、黄青軸 ( $b^*$ ) からなる3次元色空間である CIELAB 色空間を用いて算出した。 $L^*$  は明度、 $a^*$  は赤緑成分、 $b^*$  は黄青成分として定義され、ポリープ (p) と周囲の粘膜 (b) との間の  $\Delta E$  は、以下の式に従って計算された。

$$\Delta E_{pb} = \sqrt{(L_p - L_b)^2 + (a_p - a_b)^2 + (b_p - b_b)^2}$$

#### 《結果》

通常観察では大腸ポリープ 113 病変 (64 症例) について  $\Delta E$  を評価した。

すべての病変における  $\Delta E$  は、WLI および BLI と比較して LCI および色素内視鏡検査で有意に増加し、 $\Delta E$  値は WLI、BLI、LCI、色素内視鏡でそれぞれ  $11.0 \pm 6.6$ 、 $10.7 \pm 7.0$ 、 $15.1 \pm 9.3$ 、 $14.8 \pm 7.2$  であった。色の明度を表す  $L^*$  は、BLI において WLI、LCI、色素内

視鏡検査に比べて有意に減少した（WLI、BLI、LCI、色素内視鏡検査でそれぞれ  $54.8 \pm 8.4$ 、 $47.7 \pm 9.7$ 、 $58.5 \pm 8.8$ 、 $51.7 \pm 9.4$ ）。

組織別評価で腫瘍性病変の  $\Delta E$  は、WLI、BLI、色素内視鏡検査に比べて LCI で上昇した。一方、非腫瘍性病変の  $\Delta E$  は、すべての観察法の比較で有意差が見られなかった。

また、病変の大きさの影響については、LCI は大きな病変（直径 6mm 以上）だけでなく、小さな病変（6mm 未満）でも腫瘍性病変の  $\Delta E$  を増加させた。

これらの結果から LCI は、小さな病変であっても色の明るさを損なうことなく、特に腫瘍性病変の視認性を高めることが示唆された。

拡大観察では大腸ポリープ 95 病変（53 症例）の拡大写真を用いて、WLI、BLI、LCI 画像の血管部と非血管部の  $\Delta E$  を算出した。

その結果、 $\Delta E$  は WLI、BLI、LCI でそれぞれ  $12.2 \pm 5.6$ 、 $16.1 \pm 5.5$ 、 $20.6 \pm 9.2$  であった。WLI と比較して、BLI と LCI では  $\Delta E$  が有意に増加していた。

この結果から、BLI および LCI は、大腸ポリープの診断のための拡大内視鏡検査において有用であることが示された。

## 《考 察》

本研究の結果、LCI は WLI や BLI と比較して、腔内の明るさを損なうことなく、ポリープとそれに対応する周囲の粘膜との間の色差を有意に増加させることが明らかになった。特に、LCI は大きさにかかわらず、腫瘍性病変の視認性を有意に高めた。

拡大観察の場合、BLI と LCI では、血管領域と非血管領域の色差が WLI に比較し有意に高値であった。

BLI の拡大画像は大腸ポリープの診断に十分な精度であることが報告されており、本研究での結果は、これらの報告の結果を裏付けるものである。さらに、LCI が拡大観察にも有用であることが示唆された。

## 《結 論》

LCI は病変の大きさに関係なく画面の明るさを損なわずに病変と背景粘膜の  $\Delta E$  を上昇させ、LCI と BLI は腫瘍性ポリープの拡大画像における血管領域と非血管領域の  $\Delta E$  を大きくした。

これらの結果により、大腸ポリープの検出には LCI を使用し、LCI で検出された大腸ポリープの拡大観察には BLI、LCI が有用であることが示唆された。

## 論文審査結果の要旨

本邦における大腸癌の罹患数および死亡数は著しく増加している。大腸癌を予防するには、大腸内視鏡検査で大腸癌の前癌病変である大腸腺腫を早期発見し、早期治療することが重要である。近年、消化管内視鏡の画像をコンピュータ処理する「画像強調内視鏡」が大腸腫瘍性病変の検出率の向上に有用であることが報告された。中でも Linked Color Imaging (LCI) は、遠景でも輝度が損なわれないため、大腸ポリープの視認性を向上する可能性が期待される。実際に、LCI と White Light Imaging (WLI) で腺腫の検出率を比較し LCI が有意に検出率を上昇させるとの報告が存在するが、どのような機序でこのような結果に至るのか詳細な検証はされていない。そこで本研究では、大腸ポリープとその周辺粘膜の色の違いを色差 ( $\Delta E$ ) を用いて定量化し、LCI と従来の検査方法を比較した。

2016年12月から2017年5月までの間に、大腸内視鏡検査を受けポリープを指摘された患者を対象とした。検出された各ポリープについて、同一病変で同一視点から見た WLI、Blue Laser Imaging (BLI)、LCI と色素内視鏡検査の画像を評価に用いた。また、拡大観察の場合は、高倍率 (80 倍) の画像を対象とした。

結果としてすべての病変における  $\Delta E$  は、WLI および BLI と比較して LCI および色素内視鏡検査で有意に増加した。また、色の明度を表す  $L^*$  は、BLI において WLI、LCI、色素内視鏡検査に比べて有意に減少した。さらに、腫瘍性病変の  $\Delta E$  は、WLI、BLI、色素内視鏡検査に比べて LCI で上昇した。一方、非腫瘍性病変の  $\Delta E$  は、すべての観察法で有意差が見られなかった。また、LCI は大きな病変だけでなく、小さな病変でも腫瘍性ポリープの  $\Delta E$  を増加させた。拡大観察における血管部と非血管部の  $\Delta E$  の比較では、WLI と比較して、BLI と LCI で  $\Delta E$  が有意に増加していた。

これらの結果は、大腸ポリープの検出に LCI を使用し、LCI で検出された大腸ポリープの拡大観察に BLI、LCI を使用することの有用性を示している。

以上により、本論文は本学大学院学則第 11 条第 1 項に定めるところの博士 (医学) の学位を授与するに値するものと認める。

(主論文公表誌)

Oncology Letters 18(5): 5555-5560, 2019 Nov

doi: 10.3892/ol.2019.10917.