



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Linked color imaging画像強調観察が胃癌の視認性に及ぼす効果と視覚化される色と病理組織像に関する検討 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	東野, 真幸
Description	配架番号 : 2918
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第16426号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95560
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	HIGASHINO_Masayuki_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医 学） 氏 名 東野 真幸

学 位 論 文 題 名

Linked color imaging 画像強調観察が胃癌の視認性に及ぼす効果と視覚化される色と病理組織像に関する検討

(Investigation of the effect on visibility of gastric cancer and the relationship between visualized color and histopathological images in linked color imaging)

【背景と目的】胃癌は罹患率および死亡率が高く、早期発見と診断精度の向上が重要である。白色光観察 (white light imaging: WLI) が標準的であるが、*Helicobacter pylori* (*H. pylori*) 感染や除菌後の粘膜変化により、胃癌の発見が難しい場合がある。近年、異なる波長で病変の色調を強調する画像強調内視鏡 (image-enhanced endoscopy: IEE) が広く利用されている。Linked color imaging (LCI) は 410 nm 付近の青紫色の強い狭帯域短波長と白色用波長の両方を照射し、さらに赤色領域を拡張することで、病変と周囲粘膜の色差を強調して病変の識別を容易にする。しかし、胃癌検出において WLI に比する LCI の有用性は確立しておらず、また、LCI が視覚化する病理組織学的所見と胃癌視認性に及ぼす効果については検討されていない。

本研究では胃癌スクリーニングにおける LCI の効果的な活用法を確立することを目的とし、第 1 章では食道癌と胃癌の視認性を比較し、癌と周囲粘膜の色差との関係を調査した。第 2 章では胃癌の内視鏡像に視覚化される色と病理組織学的所見の関係を検討し、病変の視認性への影響を評価した。

第 1 章 LCI による上部消化管癌の視認性と癌と背景粘膜の色差についての検討

【対象と方法】北海道大学病院において、2017 年から 2021 年に撮像された食道癌と胃癌の静止画像を用い、9 名の内視鏡医がアイトラッキング技術で病変の視認性を評価した。対象は 60 例（癌 30 例、非癌 30 例）で、同条件で撮影された WLI と LCI 画像計 120 枚を無作為に提示し、それぞれの癌の検出感度を算出した。また、癌と周囲粘膜の色差 (ΔE) を CIE $L^*a^*b^*$ 色空間を用いて測定し、検出感度との関連を解析した。

【結果】癌（食道癌と胃癌）の検出感度は、WLI で 53.7%、LCI で 68.1% であり、LCI 使用時の検出感度が有意に高かった ($P = 0.002$)。一方、胃癌に限定すると WLI と LCI に有意差を認めなかった。

また、LCI は WLI と比較して食道癌と胃癌の両方で ΔE を有意に増加させたが、 ΔE と胃癌の検出感度には関連は認めなかった。

【考察】LCI では WLI よりも有意に癌の検出感度を上昇させたものの、WLI と異なり ΔE と検出感度に有意な相関が認められなかった。LCI での胃癌視認には ΔE で示される癌と非癌部の色差以外の要因も関与している可能性が示唆され、LCI が視覚化する色度 (a^* 値および b^* 値) や病理組織学的特徴についてさらなる検討が必要である。

【結論】LCI が上部消化管癌の視認性を向上させることが示されたが、胃癌においてはその効果が限定的であった。

第 2 章 LCI 画像で視覚化される胃癌の病理組織学的所見と視認性の検討

【対象と方法】対象は 2017 年 1 月から 2024 年 9 月までに当院で内視鏡切除が施行された早期胃癌で、

WLI と LCI で同条件で撮影された症例のうち、以下の基準を満たす 32 病変を対象とした。①分化型癌 ②粘膜内癌 ③長径 20mm 以下 ④潰瘍のない平坦病変 (0-IIa, IIb, IIc) ⑤*H. pylori* 陰性例 (*H. pylori* 除菌後または自然消失例)。病理組織学的所見は、ESD 検体の最大長径の切片を選択し、腫瘍境界から腫瘍内 1.0 mm、腫瘍外 1.0 mm の両側を評価した。色度評価には CIE $L^*a^*b^*$ 色空間に基づき、各画像における胃癌病変と周囲粘膜の明度 (L^* 値)、色度 (a^* 値、 b^* 値) を測定した。また、胃癌病変と周囲粘膜の色差 (ΔE) および色度差 (ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^*) を解析した。これらの結果をもとに、以下の 2 つの検討を実施した。

検討 2-1 では、胃癌の WLI および LCI 画像で病変およびその周囲粘膜の a^* 値、 b^* 値を測定し、病理組織学的所見 (血管密度、腺管密度、腸上皮化生 [intestinal metaplasia: IM] の割合、粘膜の厚さ、腫瘍の厚さ) との相関を検討した。

検討 2-2 では、2-1 で用いた同 WLI および LCI 画像で対象領域の視認性を内視鏡医 6 名で評価し、視認良好群と不良群で視認性に影響を与える色調パラメータ (L^* 値、 a^* 値、 b^* 値) および ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 、 ΔE と病理組織学的所見の関連性を解析した。

【結果】胃癌 32 病変に対し、各病変の両側 2 箇所ずつ計 64 箇所を解析した。WLI と LCI それぞれの色差および色度差の解析では、LCI で ΔE が WLI と比較して有意に増加していた (WLI: 9.4 ± 5.4 , LCI: 13.9 ± 7.4 ; $P < 0.001$)。一方、 Δa^* および Δb^* に関しては有意差は認められなかった。

検討 2-1 では、胃癌と周囲粘膜の a^* 値、 b^* 値の相関については、LCI a^* 値と血管密度に中程度の正の相関を認め ($\rho = 0.40$, $P < 0.001$)、LCI a^* 値と粘膜の厚さは弱い負の相関を認めた ($\rho = -0.22$, $P = 0.01$)。また、LCI b^* 値と IM の割合には中程度の負の相関を認めた ($\rho = -0.49$, $P < 0.001$)。一方、WLI では a^* 値と血管密度、粘膜の厚さにおいて LCI と同様の傾向がみられたが、IM の割合と色の有意な関連は認められなかった。

検討 2-2 では、WLI および LCI の視認性評価の結果、IM の割合が高い症例で LCI の視認性が不良であった ($P = 0.03$) が、WLI では病理組織学的特徴と病変の視認性に有意な関連は認められなかった。また、色調パラメータと視認性の解析では、WLI では有意な関連はなかったが、LCI では周囲粘膜の a^* 値が低く (視認良好群: 24.8 ± 10.3 vs 視認不良群: 30.2 ± 8.8 , $P = 0.03$)、 b^* 値が高い症例で視認性が良好であった (21.0 ± 8.0 vs 15.4 ± 9.3 , $P = 0.01$)。また、癌病変では b^* 値が高い症例で視認性が良好であることが示された (25.2 ± 7.9 vs 19.7 ± 8.2 , $P = 0.008$)。

【考察】 a^* 値は色の赤みで、本研究の結果では癌の血管密度と粘膜の厚さを反映しており、WLI に比べ LCI でより相関関係が強かった。この結果には赤色の濃淡を強調する LCI の技術が効果的に反映されており、早期胃癌の典型像である軽度の発赤を伴う陥凹性病変を検出するのに適したモダリティであるといえる。一方で、非癌部にみられる IM は LCI で視覚化される組織像であり、 b^* 値により IM の定量化ができる可能性が示された。

また、癌の視認性は LCI での a^* 値、 b^* 値に影響され、萎縮が軽度な胃粘膜にできる胃癌の検出に適していたが、胃癌と周囲粘膜の色差である ΔE には両者の組織像が複雑に関与しており、色と視認性の客観的評価はさらなる検討が必要である。

【結論】胃癌の LCI 観察では癌部の血管密度や周囲粘膜の IM の割合が色調パラメータに反映され、癌の視認性に影響を与えることを確認した。IEE モダリティが視覚化する周囲粘膜や癌の病理組織像を明らかにすることは、IEE を効率的に活用するために重要である。