93　人工知能を使用した食道癌の拾い上げ診断の検討	由雄　敏之

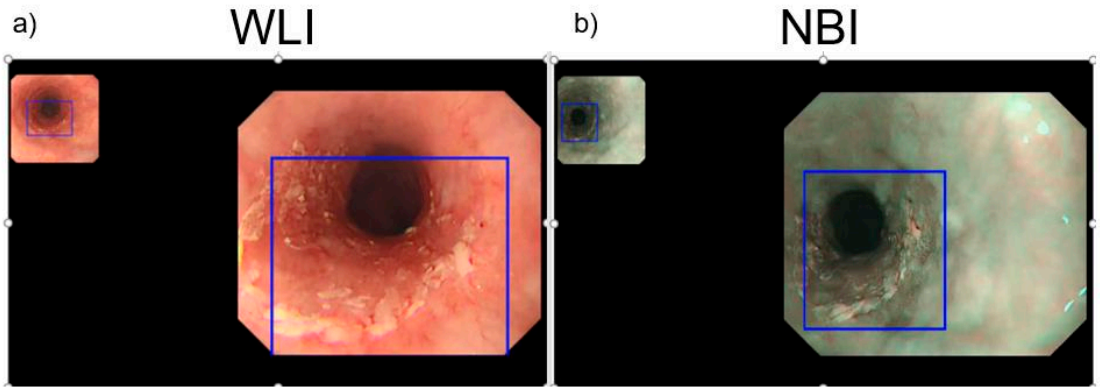
【目的】食道癌は進行癌で診断されると予後不良であり、早期発見は重要である。近年の内視鏡検診の増加によりその改善が期待されるが、表在癌は分かりにくい病変も多いこと、頻度が高くないことから盲点となりえる。我々はDeep learning を用いた人工知能（AI）診断補助システムが内視鏡静止画において食道癌を高率に非常に速く検出すると報告した。また下咽頭癌も同様に検出し、食道癌の深達度診断能も良好であった。今回は内視鏡動画における AI の診断能を検証した。

【方法】2014 年から 2017 年に当院組織学的に食道癌と診断された 397 病変の内視鏡画像 8,428 枚を教育用画像としてDeep learning を介した CNN の構築を行った。次に、AI の診断能を評価するため、食道表在癌 20 症例 22 病変と非癌症例のコントロール 20 症例をそれぞれ白色光と NBI の両方で撮影し、40 症例 80 本の検証用動画を作成した。動画は頸部食道から食道胃接合部まで 2 cm/sec の速度で挿入して撮影した。それぞれの動画を AI と 15 人の内視鏡医（専門医 7 人、非専門医 8 人）が診断した。AI は癌を四角枠に囲んで示し、癌と診断した部位は左側に画像を示した（下図）。

【結果】AI は白色光で 75%（15/20）、NBI で 55%（11/20）の症例で食道癌を診断し、いずれかにて 85%（17/20）を診断した。一方で、内視鏡医は白色光で中央値 25%（15～30%）、NBI で中央値 35%（15～60%）の症例を診断し、いずれかにて 45%（25～60%）を診断した。偽陽性の原因の 41%は食道管腔の影、18%は食道胃接合部であり、その他は炎症 32%、内視鏡切除後瘢痕 9%であった。また偽陰性の原因は背景粘膜の炎症により不明瞭な病変が 42%、視認しにくい前壁病変が 33%、白色光で不明瞭な病変 17%、5 mm 以下の病変が 8%であったこのシステムの実用性を考えると、内視鏡医は食道胃接合部や食道内腔の影を癌とは診断しないこと、従来の生検の陽性的中率も高くないことから容認できると考えた。診断出来なかった癌はすべて 1 cm 未満の微小病変であった。

【結論】AI は静止画と同様に、動画においても高率に食道表在癌を検出することができた。内視鏡検査時にリアルタイムで食道癌の検出をする、AI 診断補助システムは実現しうる。

AI 診断補助システムによる食道癌診断



93. 人工知能を使用した食道癌の拾い上げ診断の検討

由雄　敏之

がん研究会 有明病院 上部消化管内科

Key words：食道扁平上皮癌，人工知能，ディープラーニング，拾い上げ診断，動画

緒　言

食道癌は進行癌で診断されると予後不良であり、早期発見は重要である。近年の内視鏡検診の増加によりその改善が期待されるが、表在癌は分かりにくい病変も多いこと、頻度が高くないことから盲点となりえる。近年、人工知能 (AI) の発達は目覚ましく、放射線診断［1]、糖尿病性網膜症［2]、胃生検の組織学的診断［3］などが報告され注目されている。我々は Deep learning を用いた AI 診断補助システムが内視鏡静止画において食道癌を高率に非常に速く検出すると報告した［4]。AI 画像診断支援システムは 1,118 枚を 27 秒で解析し、腫瘍径が 10 mm 未満の 7 病変全てを含めて、98%の症例で食道癌を検出した。画像ごとの検討では感度 77%、特異度 79%、陽性的中率 39%、陰性的中率 95%であった。さらに、各画像において食道癌の進行度を表在癌と進行癌に判別したが、その正診率は 98%であった。また下咽頭癌でも同様に AI 診断補助システムは高率に検出し［5]、食道癌の深達度診断能［6］も良好であった。今回は内視鏡動画における AI の診断能を検証した。

動画中の癌診断が実現すれば日常臨床での上部内視鏡検査においてリアルタイムで診断を補助するシステムとなり、内視鏡医の経験によらず早期発見が可能になる。早期発見は低侵襲治療を可能とし、医療費削減につながり、食道癌の予後改善につながる。また診断する速度は専門医を含めて人間の診断速度をはるかに超えている。増加する内視鏡健診においても世界の内視鏡検査においても Deep Learning による AI 診断補助システムは見逃しを少なくする強力な補助ツールになると考えられる。

方　法

1.　AI 診断補助システム

2016 年から 2017 年に当院組織学的に食道癌と診断された 384 例、397 病変の内視鏡画像 8,428 枚を教育用画像として Deep learning を介して畳み込みニューラルネットワーク（CNN：convolutional neural network）の構築を行った［4]。397 病変のうち表在癌は 332 例、進行癌は 65 例であった。この CNN を用いて今回は内視鏡動画中の食道癌の検出能について検討した。

AI 診断補助システムがある一定時間、癌を認識すると AI 補助診断システムは癌と診断してモニターの左側に癌の画像が映り、内視鏡医は簡単に AI 診断補助システムが癌を診断したとわかる。

2.　AI 診断補助システムによる食道癌の動画診断

食道表在癌 20 症例 22 病変と非癌症例のコントロール 20 症例をそれぞれ白色光と NBI の両方で撮影し、40 症例 80 本の検証用動画を作製した。動画は頸部食道から食道胃接合部まで 2 cm/sec の速度で挿入して撮影した。AI 診断補助システムはその動画中の食道癌の検出をした。その結果から病変ごとの診断感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率を算出した。AI は癌を四角枠に囲んで示し、癌と診断した部位は左側に画像を示した（図 1)。

3.　内視鏡医による食道癌の動画診断

内視鏡医 15 人が同じ動画を用いて食道癌診断しその検出率を評価した。PC 上にボタン操作で動画が流れて、食道癌を見つけた時にボタンを押すと、その時間を記録されるシステムを構築した。そのシステムを用いて食道癌が画面に表れてから内視鏡医が診断するまでの時間も計測した。

結　果

1.　検証動画の症例と病変

検証用動画に使用した 40 例のうち、癌を含む症例は 20 例、22 病変であった。年齢の中央値は 70 歳、90%が男性であった。病変の大きさは中央値 17 mm（range：5～60）、その病理的深達度は EP8 例、LPM10 例、MM3 例、SM1 例であり、また病変型は 0～Ⅱa 2 例、Ⅱb 4 例、Ⅱc 16 例であった。

2.　AI 診断補助システムによる食道癌検出率

AI 診断補助システムは白色光で 75%、NBI では 55%の感度であり、合わせて 85%の症例で食道癌を検出した。病変を検出するまでにかかった時間は中央値で 0.5 秒（range：0.50～3.63）であった。陽性的中率においては白色光 52%、NBI 73%、合算すると 53%であった（図 1）。

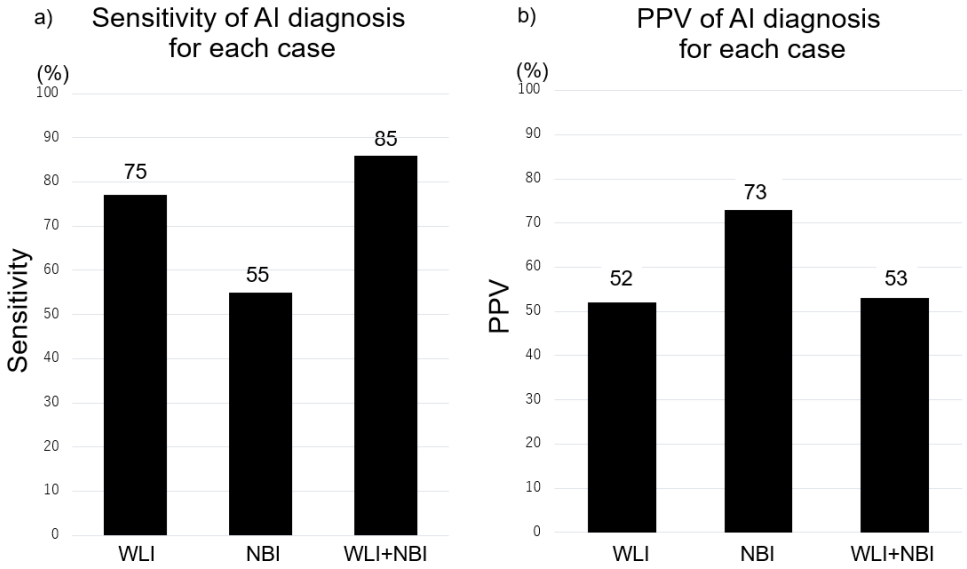


図1. 動画中のAI診断補助システムによる食道癌診断の感度と陽性的中率

a）感度は全体で 85%であり、白色光において NBI より優れていた。

b）陽性的中率は NBI において高く、合わせて 53%であった。

WLI：白色光、NBI：狭帯域光。

3.　内視鏡医における検出率

内視鏡医は白色光で中央値 25%（range：15～30%）、NBI で中央値 35%（range：15～60%）の症例で検出し　、合わせて 45%（range：25～60%）を検出した。病変発見に要した時間は内視鏡医は中央値 0.98 秒（0.1～2.57 秒）であった。

4.　検証動画における偽陽性、偽陰性の検討

AI 診断補助システムが認めた偽陽性のうち 41%は食道管腔の影、18%は食道胃接合部をそれぞれ癌と誤認していた。その他は炎症 32%、内視鏡切除後瘢痕 9%であった。また偽陰性の原因は背景粘膜の炎症により不明瞭な病変が 42%、視認しにくい前壁病変が 33%、白色光で不明瞭な病変 17%、5 mm 以下の病変が 8%であった。

考　察

今回の検討では AI 診断補助システムは動画においても高率に食道表在癌を検出することができ、動画中の検出率は内視鏡医の成績も凌駕した。このことは AI 診断補助システムが実臨床でも有用になりえることを示唆した。

動画中の食道癌診断をする際に、preliminary な検討として食道癌の詳細を精査する動画を用いて評価したところ、

その検出率は非常に良かった。しかし、精査の動画では画像の動きは少なくほとんど止まっているといっても良い時間があり、静止画での検討との差が見出しにくかった。ヒトの視点では動画の解析であるが、AI は動画を 30 コマの静止画の連続として認識しており、その一つ一つの静止画で診断している。動きの少ない動画において食道癌を検出できることは、静止画において食道癌を検出する検証の次のステップではあったが、その違いは小さいと考えられた。実際に内視鏡医が同じ動画を見れば AI と同様にすべての食道癌を検出できると思われた。実臨床に振り返って考えて、今回の動画は内視鏡医が病変に気づかずに通り過ぎるときと同様に早いスピードを設定した。

AI の動画上での検出感度は 100%との報告もあるが［7］、今回の動画の内視鏡を動かす速度が速いためか 85%にとどまっていた。しかし、同じ動画を内視鏡医がみても感度が 45%にとどまることから、その診断の難しさが分かる。しかも、この結果は内視鏡医が食道癌に気づかず、速く内視鏡を挿入して食道癌を通り過ぎたとしても、この 2 つの差である 40%の病変を見逃すことを防ぐことが出来ることを示唆している。

今回の検討結果は AI 診断補助システムが日常臨床の上部内視鏡検査においてリアルタイムで診断補助をするシステムとなりえることを示す。近い将来に日常診療の中でこの AI 画像診断支援システムが食道癌診断をリアルタイムで補助することで、内視鏡医の経験によらず食道癌の早期発見につながり、ひいては医療費削減、予後の向上に結び付くことが期待される。

文　献

1) Bibault JE, Giraud P, Burgun A. Big Data and machine learning in radiateon oncology: State of the art and future prospects. Cancer Lett 2016; 382: 110-117. PMID:27241666 doi: 10.1016/j.canlet.2016.05.033
2) Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature 2017 Feb 2; 542: 115-118 PMID: 28117445 doi: 10.1038/nature21056. Epub 2017 Jan 25. Erratum in: Nature. 2017 Jun 28;546(7660):686.
3) Yoshida H, Shimazu T, Kiyuna T, et al. Automated histological classification of whole-slide images of gastric biopsy specimens. Gastric Cancer. PMID: 28577229 doi: 10.1007/s10120-017-0731-8
4) Horie Y, Yoshio T, Aoyama K, et al. The diagnostic outcomes of esophageal cancer by artificial intelligence using convolutional neural networks Gastrointest Endosc. 2019 Jan;89(1):25-32. doi: 10.1016/j.gie.2018.07.037. Epub 2018 Aug 16. PMID:30120958
5) Tamashiro A, Yoshio T, Ishiyama A, et al. Artificial-intelligence-based detection of pharyngeal cancer using convolutional neural networks. Dig Endosc. 2020 Feb 16. PMID:32064684 doi: 10.1111/den.13653. [Epub ahead of print]
6) Tokai Y, Yoshio T, Aoyama K, et al. Application of artificial intelligence using convolutional neural networks in determining the invasion depth of esophageal squamous cell carcinoma. Esophagus. 2020 Jan 24. PMID:31980977 doi: 10.1007/s10388-020-00716-x. [Epub ahead of print]
7) Guo L, Xiao X, Wu C, et al. Real-time automated diagnosis of precancerous lesions and early esophageal squamous cell carcinoma using a deep learning model (with videos). Gastrointest Endosc. 2020 Jan;91(1):41-51. PMID: 31445040 doi: 10.1016/j.gie.2019.08.018. [Epub ahead of print]