



# NCAM- and FGF-2-mediated FGFR1 signaling in the tumor microenvironment of esophageal cancer regulates the survival and migration of tumor-associated macrophages and cancer cells

Takase, Nobuhisa

---

(Degree)

博士 (医学)

(Date of Degree)

2016-09-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6719号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006719>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



## 学位論文の内容要旨

NCAM- and FGF-2-mediated FGFR1 signaling in the tumor microenvironment of esophageal cancer regulates the survival and migration of tumor-associated macrophages and cancer cells

食道癌微小環境における NCAM/FGF-2 を介した FGFR1 シグナルは、  
腫瘍関連マクロファージおよび癌細胞の生存・遊走を制御する

神戸大学大学院医学研究科医科学専攻  
食道胃腸外科学

(指導教員：横崎 宏 教授)  
(指導教員：掛地 吉弘 教授)

高瀬 信尚

存アッセイを用いて確認するとともに、NCAM の関連遺伝子についても同様に解析した。

さらに神戸大学医学部附属病院において、外科的に切除された ESCC 70 例を用いた免疫組織化学的解析を行い、着目した遺伝子の発現強度による主要な臨床病理学的因子・MΦ マーカ・予後との相関性について検討した。統計学的評価にはカイ二乗検定、*t*-test を用い、*P* < 0.05 を統計学的有意差とした。

## 結果

1. TECM の刺激による TAM 様細胞への分化により NCAM の誘導ならびに遊走・生存が促進される。

cDNA マイクロアレイ解析の妥当性を証明するため、PCR 法・ウェスタンブロット法・蛍光抗体法を用いて、TAM 様細胞における NCAM の有意な発現誘導を確認した。また二重蛍光免疫染色によって、葉状仮足の箇所ではファロイジンと NCAM が共局在し、NCAM が細胞運動能に関与する可能性が示唆された。これらの表現型解析では、TAM 様細胞に分化することによる PI3K-Akt を介した遊走・生存の有意な促進が確認された。

2. NCAM は PI3K-Akt シグナルを介した TAM 様細胞の生存・遊走に関与する。

siRNA を用いて TE-9 の TECM を作用させた TAM 様細胞の NCAM 発現をノックダウンし、細胞遊走能・細胞生存能の変化と、リン酸化チロシンキナーゼ抗体アレイによる解析を行った。NCAM をノックダウンした TAM 様細胞では、PI3K-Akt-p70S6K のリン酸化減弱を伴う有意な生存・遊走の低下が認められた。

3. TAM 様細胞における NCAM/FGF-2 を介した FGFR1 シグナルは FGFR1 のリン酸化を制御する。

TAM における NCAM と FGFR1 の相互作用について解析を行った。TE-9 の TECM を作用させた TAM 様細胞は、二重蛍光免疫染色によって NCAM と FGFR1 の共局在所見を呈した。ウェスタンブロット解析では、TAM 様細胞の NCAM 発現をノックダウンすることで FGFR1 のリン酸化が減弱した。興味深いことに、MΦ 様細胞から TAM 様細胞への分化によっても FGFR1 の発現およびリン酸化が亢進した。

さらに癌微小環境における FGFR1 の役割を解析するため、その主要なリガンドである FGF-2 との関連についても解析した。まずウェスタンブロット解析によって TAM 様細胞での FGF2 発現を確認するとともに、ELISA 法によって TE での FGF-2 分泌が認められたため、TAM 様細胞における FGF-2 の傍分泌作用による FGFR1 シグナルの影響を検討した。24 時間血清飢餓とした TAM 様細胞にヒト組み換えタンパク FGF-2 (rhFGF-2; 5 ng/mL) を作用させると、FGFR1・Akt・Erk が活性化し、FGFR 阻害剤 SU5402 (50 μM) の処理によりそれらのシグナルは有意に阻害された。さらに rhFGF-2 の刺激で細胞生存・遊走が促進され、SU5402 の作用によりそれらは有意に阻害された。

本研究により、ESCC 微小環境における TAM での NCAM 発現は、TAM 自身の FGFR1 発現および活性化を制御するとともに、FGF-2 を介した FGFR1 シグナルの活性化によっても TAM ならびに癌細胞の生存・遊走が促進されることを明らかにした。以上より、これらの分子を用いた新規分子標的治療の開発、および新規の予後予測バイオマーカーが ESCC の治療に有用である可能性が示唆された。

論文審査の結果の要旨			
受付番号	甲 第2621号	氏 名	高瀬 信尚
論文題目 Title of Dissertation	食道癌微小環境における NCAM/FGF-2 を介した FGFR1 シグナルは、腫瘍関連マクロファージおよび癌細胞の生存・遊走を制御する NCAM- and FGF-2-mediated FGFR1 signaling in the tumor microenvironment of esophageal cancer regulates the survival and migration of tumor-associated macrophages and cancer cells		
審査委員 Examiner	主 査 伊藤 智雄 Chief Examiner 副 査 眞 実成 Vice-examiner 副 査 眞 庭 謙 昌 Vice-examiner		

腫瘍微小環境における主要な構成要素の1つであるマクロファージ(MΦ)は、腫瘍抑制的に作用するM1型と腫瘍促進的に作用するM2型に分けられ、腫瘍関連MΦ(TAMs)は主にM2型に分化している。一般にM2 MΦはIL-10<sup>high</sup>、IL-12<sup>low</sup>の表現型を示すとともに、スカベンジャー受容体であるCD163やCD204を高発現し、M2 MΦの浸潤は患者の不良な予後と相関することが食道扁平上皮癌(ESCC)を含めた様々な腫瘍で報告されている。本研究ではESCCにおけるTAMの役割を解明するため、ヒト末梢血より作成したMΦ様細胞をヒト食道扁平上皮癌細胞株の培養上清(TECM)の刺激によりTAM様細胞へ分化させることで誘導される遺伝子を、cDNA マイクロアレイを用いて網羅的に解析し、接着因子であるNCAM(neural cell adhesion molecule)に着目した。得られた結果は以下の如くである。

- (1) TECMの刺激によるTAM様細胞への分化によりNCAMの誘導ならびに遊走・生存が促進される。

cDNA マイクロアレイ解析の妥当性を証明するため、PCR法・ウエスタンブロット法・蛍光抗体法を用いて、TAM様細胞におけるNCAMの有意な発現誘導を確認した。また二重蛍光免疫染色によって、葉状仮足の箇所ではファロイジンとNCAMが共局在し、NCAMが細胞運動能に関与する可能性が示唆された。表現型解析では、TAM様細胞への分化によりPI3K-Aktを介した遊走・生存が有意に促進した。

- (2) NCAMはPI3K-Aktシグナルを介したTAM様細胞の生存・遊走に関与する。

siRNAを用いてTAM様細胞のNCAMをノックダウンし、細胞遊走能・細胞生存能の変化と、リン酸化チロシンキナーゼ抗体アレイによる解析を行った。NCAMをノックダウンしたTAM様細胞においてPI3K-Akt-p70S6Kのリン酸化減弱を伴う有意な生存・遊走の低下が認められた。

- (3) TAM様細胞におけるNCAM/FGF-2を介したFGFR1シグナルはFGFR1のリン酸化を制御する。

NCAMは非古典的なFGFR1経路のリガンドとして知られている。本研究では、TAMにおけるNCAMとFGFR1の相互作用について解析を行った。TAM様細胞は、二重蛍光免疫染色によってNCAMとFGFR1の共局在所見を呈した。ウエスタンブロット解析では、TAM様細胞のNCAM発現をノックダウンすることでFGFR1のリン酸化が減弱した。興味深いことに、MΦ様細胞からTAM様細胞への分化によってもFGFR1の発現およびリン酸化が亢進した。

さらに癌微小環境におけるFGFR1の役割を解析するため、古典的なFGFR1経路のリガンドであるFGF-2との傍分泌メカニズムについても解析した。24時間血清飢餓としたTAM様細胞にヒト組み換えタンパク FGF-2(rhFGF-2; 5 ng/mL)を作用させると

FGFR1・Akt・Erk が活性化し、FGFR 阻害剤 SU5402 (50  $\mu$ M)の処理によりそれらのシグナルは有意に阻害された。さらに rhFGF-2 の刺激で細胞生存・遊走が促進され、それらは SU5402 の作用により有意に阻害された。

(4) ヒト食道扁平上皮癌における腫瘍間質の FGF-2 発現は、悪性度および M2MΦ の浸潤数と相関する。

癌細胞における自己分泌メカニズムを確認するため、rhFGF-2 (20 ng/mL)を TE-9 に作用させると、主として Erk の活性化を介して生存・遊走が促進された。さらに蛍光免疫組織学的解析によって、FGF-2 陽性 CD204 陽性 MΦ の存在が確認されたため、切除標本 70 例を用いて TAM との関連も含めた FGF-2 の発現強度による臨床病理学的解析を行った。その結果、腫瘍間質における FGF-2 陽性細胞の浸潤数は深達度・血管浸潤・Stage が不良である症例との有意な相関が得られるとともに、M2 MΦ マーカーである CD163 陽性 MΦ・CD204 陽性 MΦ の浸潤数とも有意な相関が得られた。

本研究により、ESCC 微小環境における TAM での NCAM 発現は TAM 自身の FGFR1 発現および活性化を制御するとともに、FGF-2 を介した FGFR1 シグナルの活性化によっても TAM ならびに癌細胞の生存・遊走が促進されることを明らかとした。以上より、これらの分子を用いた新規分子標的治療の開発、および新規の予後予測バイオマーカーが ESCC の治療に有用である可能性が示唆され、価値ある集積であると認める。よって、本研究者は、博士（医学）の学位を得る資格があると認める。