

Title	Targeted deletion of apoptosis signal-regulating kinase 1 attenuates left ventricular remodeling
Author(s)	山口, 修
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45283">https://hdl.handle.net/11094/45283</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	やまぐち おさむ 山 口 修
博士の専攻分野の名称	博士 (医学)
学位記番号	第 18448 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科情報伝達医学専攻
学位論文名	Targeted deletion of apoptosis signal-regulating kinase 1 attenuates left ventricular remodeling (左室リモデリングにおける ASK1 の機能解析)
論文審査委員	(主査) 教授 堀 正二 (副査) 教授 辻本 賀英 教授 荻原 俊男

### 論文内容の要旨

#### 【目的】

心筋梗塞後や圧負荷状態などのストレスに対し、心臓は心肥大や左室径拡大により適応し心拍出量を保つ。しかしストレスが過度であったり長期に持続すると適応破綻を生じ、心収縮力は低下、左室はさらに拡大し心不全状態に陥る。この一連の形態変化はリモデリングと呼ばれ、心不全発症の原因として極めて重要である。心不全発症機構の検討については生理学的側面からの研究が中心であったが、近年分子生物学的アプローチを用いた研究が進みつつある。その中で心不全発症の一因にアポトーシスによる心筋細胞死が関与しているとの報告がある。しかしアポトーシスの関与を含め、リモデリングの分子生物学的機序は未だ明らかでない。Apoptosis Signal-Regulating Kinase 1 (ASK1) は Mitogen-Activated Protein Kinase (MAPK) ファミリーの上流に位置し、種々の細胞でストレス誘導性アポトーシスに関与すると報告されているが、その生体内での機能は不明であった。本研究では心筋細胞死から左室リモデリング、心不全の発症における ASK1 の関与を検討した。

#### 【方法ならびに成績】

ASK1 を特異的に欠失させたノックアウトマウス (ASK1-/-マウス) と野生型マウスの心機能を観血的血行動態検査と心超音波検査を用いて解析した。両者の間に心重量、心形態、心機能に有意差を認めなかった。ASK1 は生理学的条件下では心形成、心機能維持に必須の機能を有していないか、他のシグナリング分子によって代償されていると考えられた。次に左室リモデリングから心不全に至る動物モデルとして、心筋梗塞モデルならびに大動脈縮窄圧負荷モデルを用いた検討を行った。麻酔、人工呼吸管理下にて心筋梗塞は左冠動脈の結紮術により、圧負荷は大動脈弓部の縮窄術により作成した。心筋梗塞作成時の虚血危険領域と圧負荷時の縮窄部前後での圧較差は同等であり、両群における負荷量は同等と考えられた。圧負荷 1 週間後の心筋肥大反応は両群において差を認めなかった。4 週間後に超音波検査を行い左室リモデリングを評価した。心筋梗塞モデル、圧負荷モデルのいずれでも ASK1-/-マウスにおいて左室径拡大ならびに左室径短縮率低下は有意に抑制されていた。また肺重量増加も ASK1-/-マウスでは軽減していた。以上により ASK1-/-マウスでは左室リモデリング進展と心不全の進行が抑制されていることが判明した。

次にアポトーシスの関与を TUNEL 法にて検討した。心筋梗塞作成、圧負荷作成術後 1 週、4 週のいずれにおいても ASK1-ノックアウトマウスでは心筋細胞のアポトーシスが有意に抑制されていた。ASK1 を介する心筋細胞アポトーシスが左室リモデリングにおいて重要な役割を示していることが示唆された。

続いて ASK1 の心筋細胞死における関与を検討した。Wistar ラット新生仔心筋細胞を培養し ASK1 の恒常活性体アデノウイルスを感染させることによりアポトーシスが誘導された。また ASK1-ノックアウトマウス心より新生仔心筋細胞を単離培養し、 $H_2O_2$  添加によるアポトーシスを誘導したところ、野生型マウス心筋細胞に比し有意に  $H_2O_2$  に対する耐性を有していた。以上より ASK1 が心筋細胞のアポトーシスに関与していることが示された。

ASK1 下流のシグナル伝達について検討を行った。ASK1 は心筋梗塞モデル、圧負荷モデルのいずれにおいても野生型マウスにおいて活性が上昇しており、下流の MAPK である p38、JNK も活性化されていた。しかし ASK1-ノックアウトマウスにおいては p38 の活性化は認められたものの、JNK のリン酸化が抑制されていた。ASK1 から JNK、アポトーシスに至る経路がリモデリングに関与している可能性が示唆された。

#### 【総括】

今回 ASK1-ノックアウトマウスを解析することで ASK1 が左室リモデリングに関与している事を見出した。心筋梗塞モデルと大動脈縮窄モデルを用いた検討ではいずれにおいても ASK1-ノックアウトマウスでは、野生型に比し左室拡大と左室短縮率低下に象徴される左室リモデリングが顕著に抑制された。これは心臓におけるアポトーシスが著明に抑制されたことが原因と考えられた。ASK1 の恒常活性体はラット新生仔心筋細胞においてアポトーシスを誘導し、また ASK1 ノックアウトマウスの新生仔心筋細胞は  $H_2O_2$  による細胞死に耐性を有した。以上により ASK1 はストレス応答に際して心筋細胞死を誘導し左室リモデリングを進行させることが明らかとなった。従って今後 ASK1 は心不全治療の新たなターゲットとなる可能性があると考えられる。

#### 論文審査の結果の要旨

左室リモデリングは心不全の発症と進展に関与する重要な心形態変化過程であるが、その分子生物学的メカニズムや関与する key molecule は明らかになっていない。

本研究は ASK1 の左室リモデリングへの関与を検討したものである。発表者は ASK1 ノックアウトマウスと野生型マウスにおいて圧負荷モデルと心筋梗塞モデルを作成し、左室リモデリング過程を検討した。その結果 ASK1 は左室リモデリングと心不全の発症に極めて重要な因子であることを示した。本研究は ASK1 の *in vivo* での機能を初めて報告したものである。またストレス応答時の心筋細胞のアポトーシス、ASK1 活性、その下流の酵素である p38、JNK の活性化を詳細に検討することで、ASK1 が JNK を介して心筋細胞のアポトーシスを惹起し、リモデリングならびに心不全を引き起こすというメカニズムを明らかにした。更に ASK1 活性化型アデノウイルスを用いた *in vitro* の検討でも ASK1 が心筋細胞死に関与することを示した。今後の新たな心不全治療開発につながる可能性のある有用な発表と思われる。

以上より、本研究は学位の授与に値すると考えられる。