



Title	The effects of nucleotides and potassium channel openers on the SUR2A/Kir6.2 complexK <sup>+</sup> channel expressed in a mammalian cell line, HEK293T cells
Author(s)	奥山, 裕司
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40709">https://hdl.handle.net/11094/40709</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">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="#">こちら</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	おく やま ゆう じ 奥 山 裕 司
博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 7 3 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 10 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学研究科内科系専攻
学 位 論 文 名	The effects of nucleotides and potassium channel openers on the SUR2A / Kir6.2 complex K <sup>+</sup> channel expressed in a mammalian cell line, HEK293T cells (スルフォニルウレア受容体 (SUR2A) と膜 2 回貫通型カリウムチャネル (Kir6.2) によって再構成されるチャネルに対するヌクレオチドおよびカリウムチャネル開口薬の効果についての検討)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 松澤 佑次  (副査) 教 授 倉智 嘉久 教 授 堀 正二

## 論 文 内 容 の 要 旨

### 【目的】

スルフォニルウレアレセプター (SUR2A) と膜 2 回貫通型カリウムチャネル (Kir6.2) によって再構成されるチャネルは、その各サブユニットの組織分布、薬理学的および電気生理学的性質から、心臓および骨格筋に発現している ATP 感受性カリウムチャネル (K<sub>ATP</sub> チャネル) に相当するものとして報告されたが、未だ詳細な検討はなされていない。今回、細胞内ヌクレオチドによる活性調節、カリウムチャネル開口薬およびスルフォニルウレア剤の効果などについて詳細に検討し、SUR2A / Kir6.2 によって再構成されるチャネルが心臓および骨格筋 K<sub>ATP</sub> チャネルの種々の性質を再構成するかどうかについて検討した。

### 【方法】

SUR2A および Kir6.2cDNA をそれぞれ発現ベクターに組み込み、リポフェクトアミンを用いてヒト胎児腎細胞体 (HEK293T 細胞) に共発現させ、パッチクランプ法を用いて検討した。whole-cell clamp 法ではピペット内容液のカリウム濃度は 145mM で ATP3mM を添加し、カリウム 5.4mM の細胞外液を用いた。cell-attached patch および inside-out patch での実験では、ピペット内容液、細胞外液および細胞内側灌流液中のカリウム濃度は全て 145mM で行った。Mg<sup>2+</sup> 無しの条件での実験以外では、ヌクレオチドと Mg<sup>2+</sup> の結合を考慮に入れ、非結合型 Mg<sup>2+</sup> が 1.4mM となるように Mg<sup>2+</sup> を調整した。

### 【成績】

1) SUR2A と Kir6.2 を共発現させた細胞では、whole-cell clamp 記録および cell-attached patch での単一チャネル記録で、カリウムチャネル開口薬 (pinacidil) によって活性化され、特異的 K<sub>ATP</sub> チャネル阻害薬 (glibenclamide) で抑制される電流が観察された。inside-out patch (IO パッチ) にすると、cell-attached patch で観察されたものと同様の単一チャネルコンダクタンスを示すチャネルの自然開口が認められ、これは細胞内側に灌流した ATP によって可逆的に抑制された。自然開口状態のチャネルは細胞内 Mg<sup>2+</sup> 存在下で弱い内向き整流性とバースト状の開口を示し、バースト内での開口時間と閉鎖時間のヒストグラムはともに単一指数関数で近似された。開口時間の時定数は膜の脱分極によって延長したが、閉鎖時間の時定数は電位による変化をほとんど受けなかった。

2) whole-cell clamp 記録では、心臓  $K_{ATP}$  チャンネル開口薬である nicorandil, pinacidil によって濃度依存性（それぞれ  $K_d \approx 100 \mu M$ ,  $10 \mu M$ ）に、ほぼ直線的な電流電圧関係を示す電流が活性化され、これは特異的  $K_{ATP}$  チャンネル阻害薬である glibenclamide, tolbutamide によって濃度依存性に抑制された（それぞれ  $K_i \approx 160 nM$ ,  $120 \mu M$ ）。また膵臓  $K_{ATP}$  チャンネル開口薬の diazoxide では電流の活性化は生じなかった。

3) IO パッチでの自然開口状態のチャンネル活性は時間経過とともに次第に減少した（run-down 現象）。約75%のパッチでは顕著な run-down 現象がみられ、IO パッチ作成後約1分間で、チャンネル活性はIOパッチ作成直後に得られた最大活性の半分まで減少したが、約25%のパッチでは25分後でも最大活性の半分以上の活性が維持されていた。run-down したチャンネルは、 $Mg^{2+}$  存在下に ATP で処理することによって再活性化され自然開口状態に復したが、非水解性 ATP アナログでは再活性化されなかった。

4) IO パッチでの自然開口状態のチャンネル活性は溶液中の  $Mg^{2+}$  の有無に関わらず、ATP によってほぼ同じ potency で抑制された（ $K_i \approx 150 \mu M$ , Hill 係数  $\approx 2$ ）。run-down したチャンネルは  $Mg^{2+}$  存在下に UDP によって活性化された（ $K_d \approx 240 \mu M$ , Hill 係数  $\approx 1$ ）。自然開口状態では、UDP は ATP による抑制に対して拮抗的に作用したが、run-down 後に UDP によって活性化されたチャンネル活性は自然開口の場合とほぼ同じ potency で ATP によって抑制され、この場合 UDP は ATP に対する拮抗作用を持たなかった。

#### 【総括】

SUR2A と Kir6.2 で再構成されるチャンネルは、心筋の  $K_{ATP}$  チャンネルに比較し、ATP に対する感受性が低いことなどの相違点も認められたが、細胞内ヌクレオチドによる活性調節、カリウムチャンネル開口薬およびスルフォニルウレア剤に対する反応など心筋  $K_{ATP}$  チャンネルの主な薬理学的性質を有しており、これらの性質の分子レベルでの機序を明らかにするうえで有効な実験系となりうると考えられた。また本来の骨格筋  $K_{ATP}$  チャンネルは  $Mg^{2+}$  共存下の ATP に比べ、free の ATP により強い感受性を持ち、かつ濃度抑制曲線のヒル係数は約1であると報告されており、骨格筋  $K_{ATP}$  チャンネルを構成するスルフォニルウレア受容体は SUR2A 以外のものである可能性が示唆された。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、心臓型および骨格筋型  $K_{ATP}$  チャンネルとして報告されたスルフォニルウレアレセプター SUR2A と膜2回貫通型カリウムチャンネルサブユニット Kir6.2 によって再構成されるチャンネルの電気生理学および薬理学的性質を詳細に検討したものである。単一チャンネルの開閉動態、カリウムチャンネル開口薬の選択性、スルフォニルウレア剤の濃度依存性は心筋および骨格筋で報告されている  $K_{ATP}$  チャンネルの特徴に一致していた。細胞内 ATP による抑制は、 $Mg^{2+}$  の有無に関わらず、ほぼ同じ potency で抑制された。これは本論文で初めて明らかにされた特徴で、この再構成されたチャンネルが心筋型であることを支持する強い根拠である。骨格筋  $K_{ATP}$  チャンネルでは  $Mg^{2+}$ -free ATP が  $Mg$  ATP より抑制の potency が高いとされており、この点では SUR2A と Kir6.2 によるチャンネルとは明確に異なる。心筋での報告と同様に、ヌクレオシド二リン酸の一つである UDP は、自然開口状態のチャンネルでは ATP による抑制に対して拮抗的に作用したが、run-down 後のチャンネルでは UDP は ATP に対する拮抗作用を持たなかった。以上のよう  
に本論文では、SUR2A と Kir6.2 で再構成されるチャンネルは心筋  $K_{ATP}$  チャンネルの主な電気生理学および薬理学的性質を有することが詳細な検討から明らかにされた。また骨格筋  $K_{ATP}$  チャンネルは SUR2A 以外のスルフォニルウレア受容体から構成される可能性が示唆された。本論文は心筋  $K_{ATP}$  チャンネルの種々の活性調節の機序を分子レベルで明らかにしていくうえで非常に重要な基礎的データを示したもので学位に値するものと認められる。