

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24590334

研究課題名(和文) 肺静脈心筋における細胞内カルシウムイオン誘発性自動能の発生機序解明

研究課題名(英文) Mechanisms for the intracellular calcium dependent automaticity in the pulmonary-vein myocardium

研究代表者

田中 光 (TANAKA, Hikaru)

東邦大学・薬学部・教授

研究者番号：40236617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：小型実験動物(モルモット、ラット、マウス)の摘出肺静脈心筋に共通して細胞内Ca²⁺依存性の自発活動が見られることが判明した。モルモットでは連続型、ラットおよびマウスでは間欠型の発火が見られた。リアノジン受容体又はIP₃受容体を介して小胞体から放出されたCa²⁺がナトリウム・カルシウム交換機構により細胞外にくみだされる際の内向き電流が活動電位を惹起していることが判明した。自発活動はアドレナリン受容体および受容体刺激により誘発、ムスカリン受容体刺激により抑制され、細胞内Ca²⁺および自律神経性調節に影響する薬物により肺静脈心筋自動能を制御出来る可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Intracellular Ca²⁺-dependent electrical activity was observed in the isolated pulmonary-vein myocardium from small experimental animals, guinea-pig, rat and mouse. The activity was constant in the guinea-pig while intermittent in the rat and mouse. Intracellular Ca²⁺ released from the sarcoplasmic reticulum through the ryanodine receptor or the IP₃ receptor causes a depolarization when pumped out of the cell by the sodium-calcium exchanger, which triggers the firing of the action potential. The electrical activity was induced by alpha- or beta-adrenergic receptor stimulation, and was inhibited by muscarinic receptor stimulation. Thus, it appears possible to control the pulmonary-vein automaticity through pharmacological modification of intracellular Ca²⁺ dynamics and autonomic nerve influence.

研究分野：薬理学

キーワード：肺静脈心筋 活動電位 細胞内カルシウム 心房細動

1. 研究開始当初の背景

心房細動は患者数が多く、心房内で生じた血栓が脳梗塞を誘発するなど QOL を大きく損なうリスクを伴うことから治療の重要性が高い不整脈である。心房細動の原因のほとんどが心房から肺静脈内に連なる心筋組織の異所性自動能(心臓本来のペースメーカーとして自動能を有する洞房結節とは異なる部位で生じてしまう好ましくない自動能)であることが判明したが、この肺静脈心筋の自動能(自発的活動電位)の発生機序や薬理学的性質については未知の点が多く、有効かつ安全な心房細動治療薬は未だ存在しない。異所性自動能が原因の疾患を薬理学的に治療するには異所性自動能の発生機序をイオンチャンネルやトランスポーターのレベルで理解し、かつ洞房結節の自動能との違いを捉えて異所性自動能のみを選択的に抑制するような薬物を見出すことが必要となる。肺静脈心筋に関しては、細胞膜に存在し、自動能に関与し得る個々のイオンチャンネルに注目した検討はなされている。しかし、肺静脈心筋の異所性自動能に関して、イオンチャンネルやトランスポーターがどのように連動して自動能につながるのか、自動能を顕在化させるような細胞内外の要因は何か、心臓本来のペースメーカーとの機序の違いや薬物による選択的抑制の可能性については未知の点が多く残されている。

研究代表者は長年心筋の多様性を種差、発達段階、病態による変化の観点から研究してきたが、平成 21~23 年度の科研費の支給を受け、小胞体からの Ca^{2+} 放出により細胞質で増加した Ca^{2+} が Na^+/Ca^{2+} 交換機構により細胞外にくみ出される際に生じる内向き電流(脱分極)が肺静脈自動能に大きく寄与することを見出した。

2. 研究の目的

肺静脈心筋の自動能が細胞内 Ca^{2+} により誘発される機序の詳細を解明して心臓自動能の理解を深めるとともに、心房細動など自動能の異常による疾患の治療薬開発への基盤をつくることを目的とする。具体的には、モルモット、ラット、マウスを用いて以下の点を明らかにする。

1) 自動能における細胞膜イオンチャンネルと細胞内 Ca^{2+} を介する機序との相対的寄与および細胞内 Ca^{2+} を供給する筋小胞体上の Ca^{2+} 放出チャンネル分子種

2) 自動能を顕在化させる細胞内外の要因

3) 神経伝達物質、ホルモン、病態による自動能の顕在化、薬物による抑制効果

3. 研究の方法

主に摘出肺静脈組織標本および単離肺静脈心筋細胞を用いる。これらに対して電気生理学的手法、高速高分解能 Ca^{2+} イメージング技術、薬理学的手法、分子生物学的手法を適用し、細胞内 Ca^{2+} 誘発性肺静脈自動能の生じ

る機序について筋小胞体や細胞膜のイオンチャンネル・トランスポーターの観点から明らかにする。

4. 研究成果

主にモルモットを用いてまず細胞内へのカルシウム流入経路を検討した。摘出心筋組織標本にガラス微小電極法を適用し、肺静脈心筋の自発的活動電位波形を観測しながらカルシウム流入を増減させる処置の影響を観測した。L型カルシウムチャンネル遮断薬の nifedipine、T型カルシウムチャンネル遮断薬の R(-)-efonidipine、 $Ca_v1.3$ カルシウムチャンネルを遮断する S(+)-efonidipine、stretch-activated channel 遮断薬の streptomycin により、いずれも電気活動の発生頻度や持続時間の減少がみられた。

次に細胞内カルシウム制御機構を検討した。単離肺静脈心筋細胞に共焦点顕微鏡による高速蛍光カルシウムイメージング法を適用し、小胞体機能を肺静脈心筋と心房筋・心室筋とで比較した。筋小胞体からの単位放出であるカルシウムスパーク、カルシウム放出チャンネルの協調的開口を反映するカルシウムウェーブの発生頻度は心房筋よりも肺静脈心筋で多い傾向が見られた。

さらに再分極力について検討した。モルモット肺静脈心筋組織の活動電位波形に対して各種カリウムチャンネル電流作用薬の与える影響や単離細胞の電流解析を行った結果、肺静脈心筋では内向き整流性カリウムチャンネルの電流密度が心房筋に比べて少なく、これが原因でカルシウムスパークやカルシウムウェーブの発生頻度が高まり、自発活動が誘発されていることが示唆された。再分極を担う肺静脈心筋細胞の内向き整流性カリウム電流は、心房筋細胞のものと同じ電流電圧関係を示したが、その電流密度は心房筋の半分程度であった。肺静脈心筋細胞では活動電位を反映するカルシウムトランジェントの発生が多く観察されたが、内向き整流性カリウム電流を増大させるカルバコール投与により消失した。これらの結果から、肺静脈心筋では、内向き整流性カリウム電流の密度が小さいことが細胞内カルシウム依存性自発活動を許容していることが判明した。

マウスにおいては、モルモット同様の連続的な自発活動に加え、連続発火と休止を繰り返す間欠的な自発活動が観察された。ラットにおいては、無処置の状態では自発活動は見られなかったが、ノルアドレナリン刺激下では間欠的な自発活動が観測された。これらの結果から、肺静脈心筋の電気的自発活動は実験用小動物であるモルモット、ラット、マウスに共通の現象であることが判明した。

摘出肺静脈標本の自発活動は細胞内カルシウムイオンをキレートする BAPTA により減弱した。発火頻度の低いモルモット肺静脈心筋においてはその影響は大きく、発火頻度の高いマウスにおいて影響は小さかった。同様の

傾向は洞房結節組織標本においても認められた。一般に発火頻度の高い組織では細胞膜のイオンチャンネルによる歩調とりが強力に細胞内カルシウムを介する機序の寄与は少なく、発火頻度が低い組織では細胞膜と細胞内カルシウムを介した機序の両者が自発活動に寄与していると考えられる。

モルモット肺静脈心筋の自発活動頻度はnoradrenalineおよびtyramineにより上昇し、薬理的検討の結果、アドレナリン受容体、受容体の両者の関与が判明した。cAMP下流の情報伝達分子であるEPAC1をknockoutしたマウスより摘出した肺静脈では、正常マウスと比べて心筋層の自発活動が有意に減少していた。電気刺激により誘発される心房細動の抑制が見られた。これらの結果から、心房細動の治療標的分子として、EPAC1が有効である可能性が示唆された。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 17 件)

- 1) Iyuki Namekata, Shogo Hamaguchi, Hikaru Tanaka. Pharmacological discrimination of plasmalemmal and mitochondrial sodium-calcium exchanger in cardiomyocyte-derived H9c2 cells. (査読有) Biol.Pharm. Bull. 2015 38:147-150. DOI 10.1248/bpb.b14-00525
- 2) Akira Takahara, Mihoko Hagiwara, Iyuki Namekata, Hikaru Tanaka. Pulmonary-vein myocardium as a possible pharmacological target for the treatment of atrial fibrillation. (査読有) J. Pharmacol. Sci. 2014;126:1-7. DOI 10.1254/jphs.14R09CP
- 3) Iyuki Namekata, Shogo Hamaguchi, Hikaru Tanaka. Combined analysis with voltage clamp and confocal microscopy for the evaluation of drug-induced arrhythmogenic risk. (査読有) Current Topics in Pharmacology 2014;18:39-43.
- 4) Shogo Hamaguchi, Megumi Kaneko, Ryo Hashimoto, Miku Tamura, Iyuki Namekata, Hikaru Tanaka, Naoko Iida-Tanaka. Analysis of cellular morphology by confocal microscopy and a membrane-intercalating fluorescent dye PKH67. (査読無) Int. J. Hum.Cult. Stud. 2014;24:217-221.
- 5) Hikaru Tanaka, Yukiko Takahashi, Shogo Hamaguchi, Naoko Iida-Tanaka, Takayuki Oka, Masato Nishio, Atsushi Ohtsuki, Iyuki Namekata. Effect of terfenadine and pentamidine on the hERG channel and its intracellular trafficking: Combined analysis with automated voltage clamp and confocal microscopy. (査読有) Biol. Pharm. Bull. 2014;37:1826-1830. DOI 10.1248/bpb.b14-00417
- 6) Satoshi Okumura, Takayuki Fujita, Wenqian Cai, Meihua Jin, Iyuki Namekata, Yasumasa Mototani, Huiling Jin, Yoshiki Ohnuki, Yayoi Tsuneoka, Reiko Kurotani, Kenji Suita, Yuko Kawakami, Shogo Hamaguchi, Takaya Abe, Hiroshi Kiyonari, Takashi Tsunematsu, Yunzhe Bai, Sayaka Suzuki, Yuko Hidaka, Masanari Umemura, Yasuhiro Ichikawa, Utako Yokoyama, Motohiko Sato, Fumio Ishikawa, Hiroko Izumi-Nakaseko, Satomi Adachi-Akahane, Hikaru Tanaka, Yoshihiro Ishikawa. Epac1-dependent phospholamban phosphorylation mediates the cardiac response to stresses. (査読有) J. Clin. Invest. 2014;124:2785-2801. DOI 101172/JCI64784
- 7) Shogo Hamaguchi, Yuko Kawakami, Yoriko Honda, Kana Nemoto, Ayaka Sano, Iyuki Namekata, Hikaru Tanaka. Developmental changes in excitation-contraction mechanisms of the mouse ventricular myocardium as revealed by functional and confocal imaging analyses. (査読有) J. Pharmacol. Sci. 2013;123:167-175. DOI 10.1254/jphs.13099FP
- 8) Iyuki Namekata, Shogo Hamaguchi, Yumi Wakasugi, Minato Ohara, Yoshitaka Hirota, Hikaru Tanaka. Ellagic acid and gingerol, activators of the sarco-endoplasmic reticulum Ca²⁺ ATPase, ameliorate diabetes mellitus-induced diastolic dysfunction in isolated murine ventricular myocardia. (査読有) Eur. J. Pharmacol. 2013;706:48-55. DOI 10.1016/j.ejphar.2013.02.045
- 9) Ken Kitahara, Yuji Nakamura Y, Yayoi Tsuneoka, Satomi Adachi-Akahane, Hikaru Tanaka, Hiroshi Yamazaki, Akira Takahara, Junichi Yamazaki, Takanori Ikeda T, Atsushi Sugiyama. Cardiohemodynamic and electrophysiological effects of anti-influenza drug oseltamivir in vivo and in vitro. (査読有) Cardiovas. Toxicol. 2013;13:234-243. DOI 10.1007/s12012-013-9202-6
- 10) Akira Takahara, Kiyoshi Takeda, Mihoko Hagiwara, Hikaru Tanaka. Electrophysiological effects of the

- antiarrhythmic drug bepridil on the guinea pig pulmonary vein myocardium. (査読有) Biol. Pharm. Bull. 2013;36:311-315.
DOI 10.1248/bpb.b12-00590
- 11)Iyuki Namekata, Seri Kaeriyama, Reina Ikaga, Hikaru Tanaka, Naoko Iida-Tanaka. Cellular flavoprotein fluorescence imaging for the analysis of mitochondrial function. (査読無) Int. J. Hum. Cult. Stud. 2013;23:305-309.
DOI 10.9748/hcs.2013.305
- 12)Iyuki Namekata, Yayoi Tsuneoka, Hikaru Tanaka. Electrophysiological and pharmacological properties of the pulmonary vein myocardium. (査読有) Biol. Pharm. Bull. 2013;36:2-7.
DOI 10.1248/bpb.b212020
- 13)Akira Takahara, Kaori Fujiwara, Atsushi Ohtsuki, Takayuki Oka, Iyuki Namekata, Hikaru Tanaka. Effects of the antitussive drug cloperastine on ventricular repolarization in halothane-anesthetized guinea pigs. (査読有) J. Pharmacol. Sci. 2012;120:165-175.
DOI 10.1254/jphs.12117FP
- 14)Yayoi Tsuneoka, Yuka Kobayashi, Yoriko Honda, Iyuki Namekata, Hikaru Tanaka. Electrical activity of the mouse pulmonary vein myocardium. (査読有) J. Pharmacol. Sci. 2012;119:287-292
DOI 10.1254/jphs.12062SC
- 15)Akira Takahara, Kiyoshi Takeda, Yayoi Tsuneoka, Mihoko Hagiwara, Iyuki Namekata, Hikaru Tanaka. Electrophysiological effects of the class Ic antiarrhythmic drug pilsicainide on the guinea pig pulmonary vein myocardium. (査読有) J. Pharmacol. Sci. 2012;118:506-511.
DOI 10.1254/jphs.12022FP
- 16)Yoshihisa Asada, Wei Li, Tomohiro Terada, Xinzhu Kuang, Qin Li., Takafumi Yoshikawa, Shogo Hamaguchi, Iyuki Namekata, Hikaru Tanaka, Kazuo Koike. Labdane-type diterpenoids from hairy root cultures of *Coleus forskolii*. (査読有) Phytochemistry 2012;79:141-146.
DOI 10.1016/j.phytochem.2012.03.007
- 17)Akihiro Yoshizawa, Shigenori Nagai, Hikaru Tanaka, Shigeo Koyosu. Autoimmunity against M₂ muscarinic acetylcholine receptor induces myocarditis and leads to a dilated cardiomyopathy-like phenotype. (査読有) Eur. J. Immunology 2012;42:1152-1163.
DOI 10.1002/eji.201142104.
- [学会発表](計41件)
- 1)入江雅彦、濱口正悟、行方衣由紀、田中光:モルモット肺静脈心筋自動能に対する遅延ナトリウム電流遮断薬の作用 第88回日本薬理学会年会 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)2015年3月18日~20日
- 2)伊藤雅方、杉本結衣、関由成、濱口正悟、行方衣由紀、田中光:糖尿病モデルマウスにおけるカルシウム及びcAMP関連シグナル伝達タンパク質の遺伝子発現の解析 第88回日本薬理学会年会名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)2015年3月18日~20日
- 3)濱口正悟、佐野文香、行方衣由紀、田中光:マウス心室筋においてアドレナリン受容体刺激はNa⁺/Ca²⁺交換機構を介して筋小胞体Ca²⁺を減少させる 第131回日本薬理学会関東支部会 横浜市立大学福浦キャンパス(神奈川県横浜市)2014年10月11日
- 4)佐野文香、濱口正悟、行方衣由紀、田中光:マウス心室筋 I₁受容体刺激の細胞内Ca²⁺動態に対する影響 第58回日本薬学会関東支部大会 昭和薬科大学(東京都町田市)2014年10月4日
- 5)田中雄大、濱口正悟、行方衣由紀、田中光:マウス洞房結節自動能における細胞内Ca²⁺の役割の発達変化 第58回日本薬学会関東支部大会 昭和薬科大学(東京都町田市)2014年10月4日
- 6)中村真穂、濱口正悟、行方衣由紀、田中光:マウス洞房結節自動能におけるI_fチャネル、T型Ca²⁺チャネルの発達変化 第88回日本薬学会関東支部大会 昭和薬科大学(東京都町田市)2014年10月4日
- 7)濱口正悟、行方衣由紀、田中光:マウス心室筋の受容体刺激応答と興奮収縮機構の発達変化 心血管膜輸送研究会2014生理学研究所(愛知県岡崎市)2014年9月4-5日
- 8)恒岡弥生、行方衣由紀、川西徹、田中光:モルモット肺静脈心筋の細胞内Ca²⁺依存性電気的自発活動 日本バイオイメーキング学会学術集会 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市)2014年9月5日

- 9) 長谷川千織、伊香賀玲奈、行方衣由紀、田中光、田中直子：電子伝達系および解糖系阻害剤が脂肪細胞におけるミトコンドリア形態および炎症性サイトカインの分泌に与える影響 日本バイオイメーキング学会学術集会 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市) 2014年9月5日
- 10) 田中光、高橋由紀子、濱口正悟、飯田-田中直子、岡貴之、西尾将人、大槻篤史、行方衣由紀：共焦点顕微鏡法と自動パッチクランプ法による hERG チャンネルの電流および細胞膜への移動に対する薬物作用の解析 日本バイオイメーキング学会学術集会 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市) 2014年9月5日
- 11) 入江雅彦、恒岡弥生、濱口正悟、行方衣由紀、田中光：モルモット肺静脈心筋において内向き整流性 K⁺電流抑制は細胞内 Ca²⁺依存性電気的自発活動を誘発させる次世代を担う創薬・医療薬理シンポジウム 2014 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府東大阪市) 2014年8月30日
- 12) 濱口正悟、行方衣由紀、田中光：マウス心室筋の興奮収縮機構とアドレナリン 受容体刺激応答の関連性 生体機能と創薬シンポジウム 2014 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府東大阪市)2014年8月28-29日
- 13) 恒岡弥生、田中愛弓、鶴田将人、中山貴弘、灘みづき、相本恵美、濱口正悟、行方衣由紀、高原章、田中光：ラット肺静脈心筋の電気生理学的性質：動静脈瘻の影響 生体機能と創薬シンポジウム 2014 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府東大阪市) 2014年8月28-29日
- 14) 田中愛弓、恒岡弥生、鶴田将人、中山貴弘、灘みづき、相本恵美、濱口正悟、行方衣由紀、高原章、田中光：動静脈瘻ラット肺静脈心筋の電気生理学的性質 第130回日本薬理学会関東部会 星薬科大学百年記念館(東京都品川区) 2014年7月5日
- 15) 濱口正悟、川上悠子、本多頼子、根本佳奈、佐野文香、行方衣由紀、田中光：マウス心室筋興奮収縮メカニズムの筋小胞体依存性の発達変化 第87回日本薬理学会年会 仙台国際センター(宮城県仙台市) 2014年3月19日~21日
- 16) 金江春奈、濱口正悟、若杉結美、大原皆人、行方衣由紀、田中光：摘出糖尿病マウス心筋の収縮・弛緩に対する興奮収縮機能関連薬の作用 第57回日本薬学会関東支部大会 帝京大学板橋キャンパス(東京都板橋区) 2013年10月26日
- 17) 鶴田将人、恒岡弥生、行方衣由紀、田中光：マウス肺静脈心筋の電気的自発活動に関する薬理的検討 第57回日本薬学会関東支部大会 帝京大学板橋キャンパス(東京都板橋区) 2013年10月26日
- 18) 中山貴弘、恒岡弥生、行方衣由紀、田中光：モルモット肺静脈心筋の電気活動に対するIfチャンネル遮断薬の作用 第57回日本薬学会関東支部大会 帝京大学板橋キャンパス(東京都板橋区) 2013年10月26日
- 19) 下林真梨子、白川亮、恒岡弥生、行方衣由紀、田中光：モルモット肺静脈心筋自発的収縮における交感神経の関与 第57回日本薬学会関東支部大会 帝京大学板橋キャンパス(東京都板橋区) 2013年10月26日
- 20) 根本佳奈、濱口正悟、行方衣由紀、田中光：マウス新生仔期心筋収縮のアドレナリン受容体刺激応答へのIP₃受容体の関与 第57回日本薬学会関東支部大会 帝京大学板橋キャンパス(東京都板橋区)2013年10月26日
- 21) 下林真梨子、鶴田将人、白川亮、恒岡弥生、行方衣由紀、田中光：モルモット肺静脈心筋自発活動の各枝の発生率と交感神経の関与 第129回日本薬理学会関東部会 順天堂大学 本郷キャンパス(東京都文京区) 2013年10月19日
- 22) 行方衣由紀、濱口正悟、田中光：SERCA活性化薬の探索系構築および心筋弛緩機能に対する作用の検討 シンポジウム「次世代を担う応用薬理研究を考える」 第15回応用薬理シンポジウム コクヨホール(東京都品川区) 2013年9月28-29日
- 23) 伊香賀玲奈、Will Kotiadis、Michael Duchon、行方衣由紀、田中光、小川温子、田中直子：Oxygraph-2kを用いたAQP8ノックダウン細胞の酸素消費量の測定 第86回日本生化学会大会 パシフィコ横浜(神奈川県横浜市) 2013年9月11日-13日
- 24) 濱口正悟、川上悠子、本多頼子、根本佳奈、佐野文香、行方衣由紀、田中光：マウス心室筋の興奮収縮機構の発達変化：薬理的検討および画像解析 次世代を担う創薬・医療薬理シンポジウム2013 熊本大学薬学部キャンパス(熊本県熊本市) 2013年8月31日
- 25) 伊香賀玲奈、行方衣由紀、田中光、小川温子、田中直子：AQP8の発現抑制が脂肪細胞のエネルギー代謝とTNF- α 分泌に与える影響 日本生化学会関東支部例会 山梨大学甲府キャンパス(山梨県甲府市) 2013年6月15日

- 26)河原圭、白川亮、下林真梨子、小林由佳、鶴田將人、中山貴弘、恒岡弥生、奥村敏、藤田孝之、石川義弘、行方衣由紀、田中光：モルモット肺静脈心筋の自発活動に対するvidarabineの作用 日本薬学会第133回年会 パシフィコ横浜（神奈川県横浜市）2013年 3月28日
- 27)行方衣由紀、高橋由紀子、岡貴之、大槻篤史、田中光：自動パッチクランプシステムおよび共焦点顕微鏡法によるhERGチャネルの電流および細胞膜への輸送の解析作用 日本薬学会第133年会 パシフィコ横浜（神奈川県横浜市）2013年 3月28日
- 28)濱口正悟、池田貴之、鶴田將人、恒岡弥生、行方衣由紀、奥村敏、藤田孝之、石川義弘、田中光：マウス摘出心筋に対するピダラビンの影響 日本薬学会第133年会 パシフィコ横浜（神奈川県横浜市）2013年 3月28日
- 29)鶴田將人、恒岡弥生、行方衣由紀、田中光：マウス肺静脈心筋自発活動の発生機序に関する薬理的検討 日本薬学会第133年会 パシフィコ横浜（神奈川県横浜市）2013年 3月28日
- 30)行方衣由紀、川西徹、田中光：心筋における局所カルシウムシグナル調節の多様性；次世代の会シンポジウム、Ca²⁺チャネルマイクロドメインの分子制御基盤とその生理的意義 第86回日本薬理学会年会 福岡国際会議場（福岡県福岡市）2013年 3月21日～23日
- 31)濱口正悟、始関裕子、本多頼子、行方衣由紀、田中光：新生仔および成体マウス心室筋における 受容体応答は活動電位持続時間の影響を受ける 第86回日本薬理学会年会 福岡国際会議場（福岡県福岡市）2013年 3月21日～23日
- 32)恒岡弥生、小林由佳、本多頼子、鶴田將人、行方衣由紀、田中光：マウス肺静脈心筋の電気活動 第86回日本薬理学会年会 福岡国際会議場（福岡県福岡市）2013年 3月21日-23日
- 33)八木啓太、江沢亜耶、福本真理江、恒岡弥生、濱口正悟、長谷川健志、久世哲郎、千葉俊樹、灘みずき、行方衣由紀、田中光、高原章：動静脈瘻ラットにおける心房リモデリングの電気生理学的特徴 第86回日本薬理学会年会 福岡国際会議場（福岡県福岡市）2013年 3月21日～23日
- 34)大槻篤史、本橋航、行方衣由紀、田中光：マルチホール・パッチクランプチップを用いたオートパッチクランプ法のための細胞単分散法の評価 第86回日本薬理学会年会 福岡国際会議場（福岡県福岡市）2013年 3月21日-23日
- 35)高原章、藤原香織、岡貴之、大槻篤史、行方衣由紀、田中光：ハロセン麻酔モルモットモデルにおけるジフェンヒドラミンおよび鎮咳薬クロペラスチンのhERG K⁺チャネルおよび心電図QT間隔に対する作用 第29回日本心電学会学術集会 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)2012年 10月12日
- 36)恒岡弥生、小林由佳、本多頼子、行方衣由紀、田中光：マウス肺静脈心筋の電気活動 第29回日本心電学会学術集会 幕張メッセ国際会議場（千葉県千葉市）2012年 10月12日
- 37)濱口正悟、本多頼子、行方衣由紀、田中光：新生仔期マウス心室筋におけるアドレナリン 受容体刺激応答に關与する細胞内機序および情報伝達経路の検討 次世代を担う創薬・医療薬理シンポジウム2012 神戸学院大学（兵庫県神戸市）2012年9月1日
- 38)田中光、行方衣由紀：T型カルシウムチャネルと心臓機能 生体機能と創薬シンポジウム2012 神戸学院大学（兵庫県神戸市）2012年8月31日
- 39)白川亮、下林真梨子、鶴田將人、恒岡弥生、行方衣由紀、田中光：モルモット肺静脈心筋自発活動の交感神経による制御機構 第126回日本薬理学会関東部会 北里大学薬学部（東京都港区）2012年7月14日
- 40)高橋由紀子、岡貴之、大槻篤史、行方衣由紀、田中光：hERGチャネルの電流及び細胞膜への輸送に対するterfenadineおよびpentamidineの作用 第126回日本薬理学会関東部会 北里大学薬学部（東京都港区）2012年7月14日
- 41)濱口正悟、川上悠子、武田健太郎、行方衣由紀、田中光：マウス心室筋における Endothelin-1 に対する陽性・陰性変力反応に關与する受容体タイプおよび細胞内機序の検討 第126回日本薬理学会関東部会 北里大学薬学部（東京都港区）2012年7月14日
- 〔その他〕ホームページ等
バーチャルラボラトリー“心筋”
<http://www.mnc.toho-u.ac.jp/v-lab/shinkin/index.html>
6. 研究組織
(1)研究代表者
田中光 (TANAKA, Hikaru)
東邦大学・薬学部・教授
研究者番号：40236617