

## 第42回日本生理学会東北生理談話会

日 時：平成21年10月17日（土）

場 所：岩手医科大学付属病院循環器医療センター研修室

当番幹事：岩手医科大学医学部生理学講座（器官制御生理学分野）久保川学

参加者：34名

演題数：15題

第42回東北生理談話会を上記のように開催いたしました。本年度も、昨年度に引き続き会期を1日（土曜の午前から夕方まで）とし、時間帯も東北地域内であれば日帰り可能なように設定し、参加者の経費的負担を軽減するよう配慮しました。また、医学系学部以外からも広く演題を公募することにより、様々な分野間での活発な質疑応答がなされたところは有意義であったと感じています。最近、医学部では生理学講座の縮小傾向が目立つようになりました。生理学関連の研究は決して減少している訳ではなく、他学部ではむしろその数が増えているように思われます。今後、生体機能を解明するという生理学の重要はさらに高まるものと考えられ、その裾野を広めることにより、生理学はさらに発展するものと感じることができました。なお、来年度の当番幹事は秋田大学医学部機能制御医学講座が担当することになりました。

### 1. 灌流速度の増加による興奮性シナプス伝達に選択的な増大作用

○木村眞吾<sup>1</sup>、川崎 敏<sup>1</sup>、藤田玲子<sup>2</sup>、原田美里<sup>1</sup>、渡辺則之<sup>1</sup>、佐々木和彦<sup>1</sup>（<sup>1</sup>岩手医大・医・生理（神経・筋・感覚器生理）、<sup>2</sup>岩手医大・共通教育・化学）

Rat 海馬スライスのCA1 錐体細胞を whole cell voltage clamp 下、Schaffer collateral 刺激による EPSC の振幅は、灌流液の表面灌流速度を増加（fast superfusion）させると著しく増大した。一方、同じ細胞において AMPA 投与による電流応答及び上昇層線維刺激による IPSC は変化しなかった。Paired pulse 比は、fast superfusion で減少し、更に外液  $Ca^{2+}$  濃度に対する EPSC 振幅の dose-response curve は  $ED_{50}$  を変えずに最大値が増大した。低  $Ca^{2+}$  濃度下の振幅—頻度ヒストグラムのピークは fast superfusion で右側に移動した。miniature EPSC の頻度は増大したが振幅は変化しなかった。EPSC は  $A_1$ -antagonist や ectoATPase inhibitor の投与で増大したが、これらの試薬存在下では fast superfusion の効果は occlusion した。以上の結果から EPSC 振幅の増大は、ATP の分解で生じる細胞外 adenosine の basal な濃度が fast superfusion により低下し、 $A_1$  受容体を介する glutamate 放出の抑制が减弱した結果であると推論された。

### 2. 神経細胞特異的に改変型チャンネルロドプシンを発現しているトランスジェニックゼブラフィッシュの運動機能

### 評価

○梅田桂子<sup>1</sup>、東海林 互<sup>2</sup>、石塚 徹<sup>1</sup>、八尾 寛<sup>1</sup>  
（<sup>1</sup>東北大・生命科学（脳機能解析）、<sup>2</sup>東北大・加齢研）

チャンネルロドプシンは単細胞緑藻類クラミドモナスから得られた古細菌型ロドプシンである。改変型チャンネルロドプシンの一つ、チャンネルロドプシン・ワイドレシーバー（ChRWR）は、野生型と比べて広波長域での応答、膜発現率の増加、脱感作の減少などの特性において、ニューロンの光刺激に最適化されている。私達は GAL4-UAS システムを利用して初期体性感覚ニューロンである Rohon-Beard (RB) ニューロンにチャンネルロドプシンワイドレシーバー（ChRWR）を発現するトランスジェニックゼブラフィッシュを得た。

得られたトランスジェニックゼブラフィッシュ2日胚に、単色光をパルス照射したところ ChRWR 吸収波長（540 nm, 480nm）特異的に逃避反射行動が引き起こされた。ゆえに、RB ニューロンへの光刺激が逃避反射を誘発したことが示唆される。ゼブラフィッシュの胚は透明であるため、光刺激を用いてニューロンネットワークの研究を行うためのモデルシステムとして有用であると考えられる。今後このトランスジェニックゼブラフィッシュを用いて、運動機能を司っている神経回路の解明を試みたい。

### 3. 最適化された改変型チャンネルロドプシンを用いたマウス運動野ニューロンの光刺激

○温 磊<sup>1,2</sup>, 王 紅霞<sup>1,2</sup>, 石塚 徹<sup>1</sup>, 八尾 寛<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>東北大・生命科学(脳機能解析), <sup>2</sup>東北大脳科学グローバルCOE)

Based on the structure-functional studies of channelrhodopsins (ChRs) from *Chlamydomonas reinhardtii*, we recently made an optimize series of ChRs which consists of the transmembrane domains of ChR1 and 2. One of them, ChR wide receiver (ChRWR) exhibits advantage of photo-current properties such as reduced desensitization. We made the sindbis virus vectors encoding ChRWR and inject them stereotaxically into primary motor cortex of a living mice. The LED light pulse evoked action potentials in the L5 pyramidal neuron in a slice and evoked muscular tension in vivo. The corticomotor activity is suggested to be driven by the photo-excitation of cortical neurons expressing ChRWR.

#### 4. 大脳基底核線条体ニューロン・グリアにおける自発Ca<sup>2+</sup>リズム

○小山内 実<sup>1,2</sup>, 矢口雄一<sup>3</sup>, 山田尚宏<sup>3</sup>, 八木哲也<sup>3</sup>, 森 一生<sup>1</sup> (<sup>1</sup>東北大・医・医用画像工学, <sup>2</sup>JST・CREST, <sup>3</sup>大阪大・工・電気電子情報)

線条体は、大脳皮質—大脳基底核ループの情報の入力部であり、運動制御、強化学習などに重要な役割を果たしている。そこで我々は、グリア細胞の多くを占めるアストロサイトにGFPを発現しているGFAP-GFPマウスの線条体スライス標本に対してCa<sup>2+</sup>イメージングを行った。その結果、GFP陽性細胞(アストロサイト)、GFP陰性細胞(恐らくニューロン)の双方で、持続時間が最大約300秒の自発Ca<sup>2+</sup>リズムが観測された。このCa<sup>2+</sup>リズムは、小胞体のカルシウムポンプを阻害するthapsigargin投与によりほとんど消失することから、細胞内Ca<sup>2+</sup>ストアからのCa<sup>2+</sup>放出により発生していることが分かった。TTX投与により、活動電位を阻害したところ、ニューロン・グリア双方のCa<sup>2+</sup>リズムはほとんど減じなかったが、ニューロンでのみ、Ca<sup>2+</sup>リズムの振幅、持続時間、などが減少した。このことから、ニューロンでの自発Ca<sup>2+</sup>リズムは、活動電位依存的なプロセスにより、調節されていることが示唆された。このような、遅いCa<sup>2+</sup>変動はイオンチャネルや、酵素の活性に関与し、情報伝達の状態遷移に関与している可能性がある。

#### 5. アストロサイト機能不全マウスにおけるグルタミン酸取り込み機能の変化

○山崎良彦<sup>1</sup>, 李 海雄<sup>2</sup>, 田中謙二<sup>2</sup>, 藤原浩樹<sup>1</sup>, 千田

邦明<sup>1</sup>, 金子健也<sup>1</sup>, 池中一裕<sup>2</sup>, 藤井 聡<sup>1</sup> (<sup>1</sup>山形大・医・生理, <sup>2</sup>生理研・分子神経生理)

アストロサイトの突起はシナプスを密に覆い、シナプス伝達の調節に重要な役割を果たしている。グルタミン酸作動性シナプスでは、シナプスを取り囲むアストロサイトにグルタミン酸トランスポーターが発現しており、シナプス間隙に放出されたグルタミン酸を取り込んで興奮性シナプス伝達を終了させる。この調節機能に障害が起ると、神経回路の興奮性が過剰に亢進する。これまでに、アストロサイトに変異グリア線維性タンパク質を発現させたマウスでは、カイニン酸全身投与により有意に高い頻度で強直間代性けいれんが出現することが報告されている。これはアストロサイトの機能異常がグルタミン酸作動系に影響を及ぼしていることを示唆している。そこで、このアストロサイト機能不全マウスにおけるグルタミン酸取り込み機能を検討するために、海馬CA1放線層のアストロサイトよりホールセル記録を行い、シャーファー側枝の電気刺激によって誘発されるシナプス性グルタミン酸トランスポーター電流を測定した。刺激強度—反応曲線において野生型マウスと比較したところ、有意な差はみられなかった。しかし、アデノシン受容体阻害薬存在下で刺激強度が大きい条件では、アストロサイト機能不全マウスにおけるグルタミン酸トランスポーター電流は野生型マウスに比べ有意に小さかった。以上の結果から、アストロサイト機能不全マウスではグルタミン酸取り込み機能が低下しており、シナプス間隙に多量のグルタミン酸が放出された場合には、グルタミン酸除去が十分ではない可能性が示唆された。

#### 6. シダーウッド精油による自律神経系と中枢神経系に及ぼす生体作用の電気生理学的研究

○小笠原 秀, 一ノ瀬充行, 松浦哲也 (岩手大院・工・福祉システム工学)

アロマセラピーは、植物精油を用いて心身の不調和を癒し、健康維持に役立てる療法として広く活用されている。本実験は、鎮静・リラックス作用があるとされるシダーウッドの香りの生体への影響を生理学的に明らかにすることを目的とした。集中力や期待感を計るために脳波事象関連電位の一つである随伴陰性変動(CNV)実験を行った。安静5分間の後に、10分間CNV実験を行い、その後香りを十分に提示し、2度目のCNV(10分間)を行った。更に、自律神経機能を解析するために心電図を計測し、心拍ゆらぎを解析した。また、心理学的な主観的覚醒レベル・感情状態を解析するために、アラウザルチェックリストと多面的感情状態尺度を用いて分析した。被験者は男性2人と女性1人である。全員がこの香りに対して、「いい香りで落ち

着く・好きだ」などの印象を持っていた。しかし、覚醒レベル・感情状態の変化は、個々の被験者に特有のパターンを示した。また、香りにより、被験者ごとに CNV 面積の増大・減少に違いが見られた。以上の結果から、この香りにより、CNV の応答性に違いが見られたが、これは覚醒レベルおよび感情状態への変化に個人差があったことに関連していると考えられる。

## 7. GHK 式に従わないアフリカツメガエル卵母細胞の膜電位について

○小林大輔, 秋田 発, 垣野内 景, 佐藤 啓, 挟間章博 (福島県医大・医・細胞統合生理)

細胞膜の膜電位は、細胞内外のイオン濃度差とイオンの膜透過性によって規定されるということは広く知られており、これは Goldman-Hodgkin-Katz (GHK) 式でよく理解されている。一般的に細胞膜電位は  $K^+$  のコンダクタンスによって決まると考えられており、生理的条件下では細胞膜電位は細胞外を基準にして負電位を示す。我々はアフリカツメガエルより酵素的に単離した新鮮な卵母細胞を用いて膜電位を測定した際に、興味深い現象を見いだした。10mM 以下の  $K^+$  を含む細胞外溶液を灌流して細胞膜電位を単電極で測定したところ、 $-100\text{mV}$  を下回る深い負電位を示す卵母細胞を観察した。その後、細胞外液の  $K^+$  濃度を 90mM に高めた細胞外液を灌流して膜電位を測定すると、脱分極せずに負電位を維持していた。さらに、この深い負電位を示している卵母細胞に  $K^+$  チャネル阻害剤である TEA や  $Ba^{2+}$  を作用させても膜電位に大きな変化は見られなかった。これらのことはアフリカツメガエル卵母細胞の膜電位が  $K^+$  の透過性によって決まっているのではないことを示唆している。

## 8. アフリカツメガエル卵母細胞の FSH 受容体および adenosine 受容体に対するインスリンの作用

○藤田玲子<sup>1</sup>, 木村眞吾<sup>2</sup>, 川崎 敏<sup>2</sup>, 原田美里<sup>2</sup>, 平野浩子<sup>1</sup>, 松本光比古<sup>3</sup>, 佐々木和彦<sup>2</sup> (<sup>1</sup>岩手医大・共通教育・化学, <sup>2</sup>岩手医大・医・生理 (神経・筋・感覚器生理), <sup>3</sup>弘前大・医・保健)

アフリカツメガエル卵母細胞の FSH や adenosine (Ade) 受容体を刺激すると、Gs に続き adenylylate cyclase が活性化して cAMP が産生し、その結果 PKA の活性化により  $K_{ATP}$  channel が開いて  $K^+$  電流応答が発生する。一方、UTP により  $P_{2Y}$  受容体を刺激すると PLC の活性化により  $[Ca^{2+}]_i$  が増大して  $Ca^{2+}$  依存性  $Cl^-$  電流応答が発生する。上記の  $K^+$  電流応答は、インスリンを前投与すると容量依存性に不可逆的に抑制された。一方、 $P_{2Y}$  受容体刺激による

$Cl^-$  電流応答は影響されなかった。また、細胞内に cAMP を注入して発生する  $K^+$  電流応答や、adenylylate cyclase を活性化する forskolin を投与して発生する  $K^+$  電流応答もインスリンの前投与により上と同様に抑制された。しかし、 $K^+$  channel opener の cromakalim 投与で発生する  $K^+$  電流応答はインスリンの前投与により若干増大した。これらの結果から FSH や Ade 受容体刺激で発生する  $K^+$  電流応答に対するインスリンの作用部位は受容体刺激後 cAMP 増大から  $K_{ATP}$  channel の opening までの経路であることが示唆された。

## 9. サル尾状核の神経細胞活動による複合動作の数的表現

○二ノ倉欣久<sup>1</sup>, A. Graybiel<sup>2</sup> (<sup>1</sup>弘前大 院・医・統合機能生理, <sup>2</sup>MIT, BCS, MIBR)

数的情報にもとづく合目的行動は様々な動物種において観察されるが、その行動を支える神経表現がどこでどのように実現しているかについては明らかではない。行動の企画過程において視覚認知された事象の有する数的表現を調べる目的で、試行ブロックごとに異なる数の複数標的への連続到達運動を行動課題として要求した。課題遂行中のサル脳の広汎な領域から留置多点電極によって記録された神経活動のうち、尾状核のユニット活動を解析したところ特定の標的数に応じて選択的に反応する一群の細胞活動が見いだされた。このような選択的活動は複数標的が明示的に与えた場合だけではなく、記憶情報に依拠した試行ブロックにおいても同様に認められた。このことは複合的な動作に内蔵された抽象要素が大脳基底核尾状核の神経活動により数的に表現されることを示唆している。

## 10. ルールに基づくハンドサイン認識とハンドジェスチャー生成に関する神経機構についての fMRI 研究

○金澤伸江<sup>1</sup>, 泉山昌洋<sup>2</sup>, 井上 敬<sup>3</sup>, 河内山隆紀<sup>4</sup>, 乾敏郎<sup>5</sup>, 虫明 元<sup>1</sup> (<sup>1</sup>東北大・医・生理 (生体システム生理), <sup>2</sup>仙台中江病院, <sup>3</sup>広南病院, <sup>4</sup>国際電気通信基礎技術研究所・脳活動イメージングセンタ, <sup>5</sup>科学技術振興機構/ERATO/浅田/プロジェクト京都大・情報 (生体・認知情報))

ジャンケンを手を使ったゲームとして周知されている。一方で計数として指折り数えることもまた頻繁に行われている。このように日常生活において広く利用されているハンドジェスチャーの認知処理機構を調べる目的で、大脳皮質のどの部位がルールに基づくハンドサイン認識とハンドジェスチャー生成に関与するのかを調べた。今回私たちは、提示されたハンドサインをその後に出される指示に従って

対応するハンドジェスチャーで答えるという刺激運動課題を行い、課題遂行中の神経活動を機能的核磁気共鳴画像法を用いて記録し、解析を行った。課題はジャンケンの「手」である3つのハンドサインを参照刺激(Stimulus)として用い、それぞれに数の意味を付加した。グー(Rock)は“0”，パー(Paper)は“5”，チョキ(Scissors)は“2”となる。指示刺激(Instruction)はジャンケンルール時にはWIN, LOSE, DRAW のいずれかが提示され、それぞれ参照刺激に対し、勝つ、負ける、あいこの手を回答させた。数ルール時にはBIG, SMALL, EQUAL の中の一つが提示され、それぞれの指示は、より大きな数を、より小さな数を、等しい数を手で回答させた。本研究から、指示信号の反応としてルール選択的な活動が前頭一頭頂領域の範囲で観察された。ルール選択的な領域は、ハンドサインを観察することによって予期的に活動することが判明した。さらにその際にじゃんけんルール条件に選択的な領域は、ハンドサインを観察するときにも、ジェスチャーを行うときにも、数ルール選択的な領域と比べ、偏った活動を示し、ルールの特性によって活動パターンの違いが観察された。

### 11. ネコ外側膝状体ニューロンにおける刺激方位選択性の時間的変化

○岡本正博<sup>1</sup>、内藤智之<sup>2</sup>、原 真一郎<sup>2</sup>、七五三木 聡<sup>2</sup>、佐藤宏道<sup>2</sup> (<sup>1</sup>福島県医大・医・神経生理、<sup>2</sup>大阪大院・医・認知行動科学)

受容野に呈示された特定の傾き(方位)の刺激に最も良く応答する「刺激方位選択性」は大脳皮質一次視覚野(V1)ニューロンにおいて初めて現れる現象と考えられてきた。しかし我々が行った先行研究では、高空間周波数を持ち受容野内外を覆う大きな刺激を用いると外側膝状体(LGN)ニューロンも刺激方位選択性を示すことが明らかになった。本研究では、LGNニューロンにおける刺激方位選択性の形成メカニズムを解明するため、麻酔非動化したネコLGNにおいて細胞外神経活動記録を行い、刺激方位選択的応答の時間的変化を解析した。刺激には記録ニューロンの受容野より大きく、最適空間周波数よりも高い空間周波数でサイン波状に輝度変化するグレイティングパッチを用い、500ミリ秒間静止して呈示した。多くのLGNニューロンにおいて刺激方位選択性が見られ、V1ニューロンの平均最短応答潜時(36.4±9.9msec)よりも早い潜時に優位な刺激方位選択性を示すニューロンがあった(8/27個)。これはLGNニューロンにおける刺激方位選択性の形成に皮質下のフィードフォワード入力に関与していることを示唆する。

### 12. 冷却による皮膚血流低下作用のラットとマウスの違いについて

○中山貢一<sup>1</sup>、石川智久<sup>2</sup> (<sup>1</sup>岩手医大・薬・分子細胞薬理、<sup>2</sup>静岡県大院・薬・分子薬理)

寒冷時に皮膚血流を低下させ放熱を防ぐ生理的調節は、生体恒常性機構の一つである。この調節機構として現在受け入れられている学説の一つは、アドレナリン $\alpha_2$ 受容体の反応性の亢進である。本研究の目的は、in vivoにおいてラットやマウスの冷却による皮膚血流低下作用に関わる機構を明らかにすることである。雄性ラット(Wistar)およびマウス(ddY)をペントバルビタール麻酔し、テトロドトキシン(TTX)を処置し、人工呼吸下に急性的除神経状態にした。局所冷却下の足底部皮膚血流(plantar skin blood flow)を、レーザードブラー血流計を用いて測定した。局所冷却によりいずれの動物でも足底部皮膚血流の低下を生じた。しかし、その機構はラットとマウスで異なっていた。マウスでは、循環カテコールアミンに対する足底部皮膚血管 $\alpha_2$ 受容体の反応性の亢進がRhoキナーゼ依存性に関与することが示唆された。一方、ラットでは、冷却により遊離したATPが交感神経終末部のP<sub>2</sub>プリン受容体を介してノルアドレナリン遊離を促進する。そのノルアドレナリンが皮膚血管にある $\alpha_1$ および $\alpha_2$ 受容体を刺激して収縮を生じることが示唆された。

### 13. マウス心筋細胞の生後発達

○佐藤紳一、安達 健、尾野恭一(秋田大院・医・細胞生理)

我々は非侵襲的心拍数計測が可能なピエゾセンサーを使用し、マウス心拍数が生後3日間で急激に上昇し約2週間で成熟マウスと同等の心拍数に達すること、内因性心拍数は生後6日から8日の間に300b/mから成熟マウスと同等な500b/mまで急激に上昇することを示した(佐藤・尾野, 2008)。その後、我々は生後発達過程および成熟マウス(C57BL/6)のピエゾセンサー計測データを用い心電図計測では不可能な1音-2音(S1-S2)間隔の解析を行った。生後3日間の急激なマウス心拍数の急上昇に伴い、生後0日のS1-S2, S2-S1, およびS1-S1間隔(99±4, 75±10, 174±7ms, n=9)は生後3日までの間に著しく減少し[60±4(60), 55±4(73), 115±4(66)ms(%), n=71]、引き続き成熟に至るまで緩やかな減少を示した。また、S1-S2間隔のS1-S1間隔に対する比は生後1週間ほぼ変化がなく(57~52%)2週目でわずかに低下し、成熟マウスでは35%まで低下した。単離したマウス心筋細胞のサイズは生後2週以内のものに比べ、成熟マウスのそれは顕著に増大していた。今回、生後発達とともに起こる心機能変化および心

筋細胞の成長に関して得られた知見について考察する。

#### 14. 蛍光標識グルコースを用いた単一脳細胞におけるグルコース輸送の研究

○長友克広<sup>1</sup>, 菅 世智子<sup>2</sup>, 山本敏弘<sup>3</sup>, 渡邊誠二<sup>4</sup>, 越後瑠夏<sup>1</sup>, 西内祐二<sup>3</sup>, 豊島 正<sup>3</sup>, 松岡英明<sup>5</sup>, 山田勝也<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>弘前大院・医・統合機能生理, <sup>2</sup>弘前大・生涯学習教育, <sup>3</sup>(株)ベプチド研究所・彩都研究所, <sup>4</sup>弘前大院・医・生体構造医科学, <sup>5</sup>東農工大院・工・生命工学)

脳はグルコースを唯一のエネルギー源とするが、神経やグリアなど個別の脳細胞へのグルコース取り込み過程については不明の点が多い。そこで蛍光標識したD型グルコース誘導体2-NBDGを用いて、単一細胞レベルでグルコース輸送の可視化に取り組んでいる。特に、蛍光標識グルコースの脳への適用で問題となる、退色や細胞膜への吸着の程度を評価する目的で、2-NBDGの鏡像異性体2-NBDLGを含む一連のL型蛍光グルコース誘導体を合成した。細胞はL-グルコースを利用しないため、L型蛍光グルコース誘導体は2-NBDGの対照としてグルコース輸送の解釈に有用な情報を提供する。現在、これら蛍光標識グルコースを脳細胞に投与し、リアルタイムレーザー共焦点顕微鏡を用いてグルコースの細胞内取りこみ過程を時間経過を追って連続的に調べている。本発表ではその現状を報告するとともに、脳を中心に国際的な展開を見せている蛍光グルコース

法の課題について議論する。

#### 15. 腎皮質集合管主細胞における低浸透圧刺激による細胞内Ca<sup>2+</sup>濃度上昇機構への細胞内Ca<sup>2+</sup>ストアの関与

○駒切 洋, 古城俊之, 中村一芳, 久保川 学 (岩手医大・医・生理 (器官制御生理))

新鮮単離した皮質集合管 (CCD) を低浸透圧溶液に暴露すると主細胞内のCa<sup>2+</sup>濃度が一過性に上昇する。この[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>上昇は細胞外Ca<sup>2+</sup>の除去により顕著に抑制されることから、細胞外からのCa<sup>2+</sup>流入が示唆されたが細胞内Ca<sup>2+</sup>ストアの関与の有無は不明であった。そこで今回我々はこの[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>上昇機構への細胞内Ca<sup>2+</sup>ストアの関与について蛍光レシオイメージング法を用いて検討した。低浸透圧による[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>上昇はSOCC及びIP<sub>3</sub>受容体阻害薬である2-APBによって有意に抑制された。細胞外ATP及びCaffeineの適用により[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>の上昇が観察された。ATPによる[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>上昇はIP<sub>3</sub>受容体からのCa<sup>2+</sup>放出を阻害するTMB-8によって有意に抑制された。しかしながらTMB-8は低浸透圧による[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>上昇には影響を与えなかった。一方でリアノジン受容体阻害薬であるdantroleneを前処置したところ低浸透圧刺激時の[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>上昇が有意に抑制された。以上から低浸透圧刺激時の[Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>上昇には2-APB感受性のCa<sup>2+</sup>流入経路に加えリアノジン感受性Ca<sup>2+</sup>ストアが関与していることが示唆された。