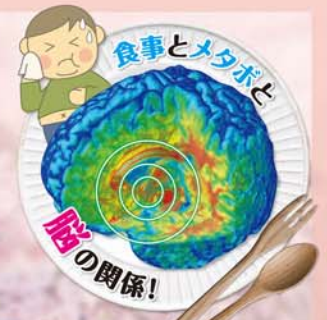
ISSN 1882-4838

カラダの不思議をのぞいてみよう

せいりけんニュース

SEIRIKEN News Vol.14 2010.3


食事とメタボと
脳の関係！

特集
寝る前に食べると太りやすいって本当!?

ブレインミステリー11
"生活のリズム"をつくる脳の働き

岡高の科学実験工房 第7回
音で踊る塩の不思議

心と体の科学 第8回
脳の神経細胞を見てみよう

「同時計測用高磁場磁気共鳴画像装置」が生理学研究所に配備

人と人がコミュニケーションする際の脳神経活動同時記録 "社会脳"機能イメージング研究の共同利用実験に活用

脳科学研究推進に、機能的磁気共鳴画像装置（fMRI）２台からなる「同時計測用高磁場磁気共鳴画像装置」が本年度3月末までに配備され、大型共同利用実験機器として、全国の大学・研究機関研究者の利用が予定されています。

複数のfMRIを同時に使い複数のヒトの脳活動を同時記録することで、最近話題である「"社会脳"活動」、すなわち「人と人が会話やコミュニケーションなどの社会的相互作用をしている際の脳神経活動」を研究することが可能となります。

fMRIってなに？

写真は現在せいりけんに設置されているfMRIです。

MRIで撮影した断層画像は、積み重ねて立体画像をつくることもできます。

MRI (magnetic resonance imaging) とは、核磁気共鳴現象という現象を利用して生体の情報を画像化する方法、または広い意味でその画像を撮るための装置をいいます。fMRIの「f」はfunctional（機能的）の略で、機能的MRIとも言いますが、MRI装置を用いて脳の活動（機能）を画像化する方法のことを言います。脳は体の中で最も酸素消費が多い場所で、活性化すると血流量が大きく変化してMR信号が変化します。この反応を画像化することで活動部位を見つける方法をｆMRIといいますが、基本的にハードウェアはMRIと同じものです。

岡高の科学実験工房

岡崎高等学校 スーパー・サイエンス部

第7回

音で踊る塩の不思議

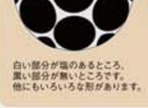
岡崎高校スーパーサイエンス部 1年 松ヶ谷 明史 佐藤 涼 中村 昂督

身近には様々な音が満ちあふれています。心地よい音楽、車の騒音、そして人と会話する声も全て音です。そもそも、音とはいったいなんなのでしょうか？普通は目には見えません。でもちゃんと聞くことができます。どうして人は音を聞くことができるのでしょうか？

いまいちピンとこないかもしれませんが、音とは物の振動なのです。声を出しながらのどに手を触れてみてください。のどが振動しているのがわかると思います。それではいったい何の振動が耳に届くんだ、何も見えないじゃないかと言う人もいるかもしれません。でも、見えないものがちゃんと振動をしているのです。それは空気です。のどの振動が空気に伝わり、空気の振動が耳に伝わり、音を聞くことができるのです。

それでは、目に見えない音を、目に見えるようにしてみましょう。まず金属のボウルに、ラップやビニールなどをできるだけ強く張ります。そしてその上に塩を振りかけます。最後に、ボウルに張ってあるラップやビニールに向かって大きな声を出してください。うまくいくと、塩が一斉に動き始め、きれいな模様を作ります。できるだけかん高い声のほうがうまくいくはずです。試してみてください。

塩の模様の形の例



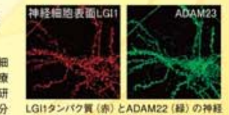
白い部分が塩のあるところ、黒い部分が無いところです。他にもいろいろな形があります。

では、どうして模様ができるのでしょうか。先ほど音は空気の振動だとお伝えしました。大きな声がラップの膜、ビニールの膜に当たると、空気の振動につられて膜が揺れ始め、上に乗っている塩を動かします。このとき、膜の上で、よく揺れる部分とあまり揺れない部分ができます。揺れるところにある塩が、はじかれて揺れない部分に移動します。よく揺れる部分とあまり揺れない部分が一定の間隔をおいてできるので、規則的な模様ができるのです。

話が難しくなりましたが、実験は家で簡単にできるはずです。一度挑戦してみてください。

プレスリリース

てんかん発症のカギとなるタンパク質複合体の働きを解明
— 特発性部分てんかん発症メカニズムの理解にせまる —



LGI1タンパク質（赤）とADAM22（緑）の神経細胞での分布を調べると、神経細胞表面の神経と神経のつながり部分であるシナプスのある場所に存在していました。

てんかんは、人口の１％程度に発症する頻度の高い神経疾患です。てんかんは神経細胞の異常な興奮によると考えられていますが、原因解明は進んでいなくて、根本的な治療に至っているものは多くありません。せいりけんの深田正紀教授と深田優子准教授の研究グループは、神経細胞と神経細胞のつなぎ目のシナプスにある特殊なタンパク質「分泌タンパク質LGI1」を無くしたマウスでは、てんかん発作が起こることを見つけました。また正常マウスでは、LGI1タンパク質が他の２種類のタンパク質ADAM22、ADAM23と「抗てんかんタンパク質複合体」をつくり、脳内のシナプス伝達を精緻に調節し、てんかん発作が起こらないようにしていることを発見しました。ヒトのある種の"家族性特発性部分てんかん"でLGI1の変異が見つかっていることから、ある種の"家族性特発性部分てんかん"は、LGI1遺伝子かLGI1タンパク質の補充により症状が改善されるかもしれません。

プレスリリース詳細 http://www.nips.ac.jp/contents/release/press/2009/

みらいの科学者（かがくしゃ）大集合（だいしゅうごう）3

第11回 せいりけん市民講座 医学研究最前線 岡崎げんき館「からだの科学」シリーズ⑨

みんなで実験！ 錯視の不思議な世界

1月30日開催

今回は「なんで？どうして？不思議な錯視の世界」と題して、脳が間違って作り出す不可思議な現象を実際に体験し、そのメカニズムを脳科学で解明しようという講座で、大人から子供まで200名をこえるご参加をいただきました。会場では、逆立体錯視やホローマスク、濃淡の諧調差が引き起こす不思議な現象など、その原理をせいりけんの鯉田助教（現豊橋技術科学大学）と豊田高専の早坂准教授が丁寧に解説しました。また、錯視のペーパークラフトを実際に作るコーナーもあり大盛況でした。

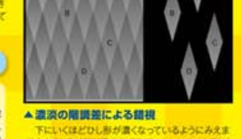
鯉田先生と錯視を体験してみよう！

生理学研究所（現豊橋技術科学大学）鯉田孝和 助教

◀ホローマスクの錯視

人の顔を認識する能力は、学習していない赤ちゃんでも生まれながらに持っている能力です。

ホローマスク錯視は、この機能を巧みに利用したもので、本来凸であるはずの顔をわざと凹で作り、光を下からあてて、陰影も操作してあります。すると顔は凸に間違って知覚されます。それに伴って、奥行き位置関係で生じる見かけの動きは、顔がおいかけてくるような動きに間違って知覚されてしまうのです。



▲濃淡の階調差による錯視

下にいくほどひし形が濃くなっているようにみえませんか？ 実は同じ濃さのグラデーションのひし形が積み上がっているだけなのです。

早坂先生と錯視のメカニズムに迫ってみよう！

豊田工業高等専門学校 早坂太一 准教授

有名なミュラー・リヤー錯視やツェルナー錯視はどうして起きるのでしょう？早坂先生と一緒に人を対象とした心理物理の実験やコンピュータのシュミレーションを交えて、その原理を探究しました。不可思議でまだ未知の世界である脳科学に少しでも迫れたでしょうか？

◀ツェルナー錯視

線が上にいくほど、狭くなっているように見えませんか。じつは、この縦の線は、2本とも平行なのです。

■ この活動の一部は、独立行政法人科学技術振興機構の平成21年度 地域の科学舎推進事業 地域活動（草の根型）の支援により実施されました。

せいりけんニュース ■ Vol.14 2010.3
発 行 日／2010年3月10日
編集発行／自然科学研究機構 生理学研究所（せいりけん）
情報処理・発信センター 広報展開推進室
〒444-8585 岡崎市明大寺町字西郷中38番地
TEL.0564-55-7722・7723 FAX.0564-55-7721
印 刷／（有）イヅミ印刷所

せいりけん ホームページアドレス
http://www.nips.ac.jp/
E-mail：pub-adm@nips.ac.jp

※掲載内容の一部または全部について、無断転載・複写を禁じます。

ブレイン・ミステリー11 酒井 寛

■ "生活のリズム"をつくる脳の働き

今回のせいりけんニュースの特集をみなさんもう読みましたか？食事の習慣と健康の関係に、脳が重要な役割を持っているなんてオドロキです。僕はこの話を聞いたときに「また、脳の仕業か！」とニンマリしてしまいました。

ところで、みなさんは「ホルモン」というものを知っていますか？ 決して、焼いて食べるあの「ホルモン」ではないです。「ホルモン」とは体内において、ある決まった器官で合成、分泌され、血液など体を巡る液体を通して体内を循環し、別の決まった器官でその効果を発揮するもので、特定の器官の働きを調節するための情報伝達を担う物質です。わかりやすく例えると、行き先を指定した手紙（ホルモン）を川（血液など）の流れに流し、相手にとどけることでお互いに情報の交換をしているのです。人間の体はこのホルモンを使いこなすことによって環境の変化に対応しています。体が寒い環境におかれると、体温を上げるためのホルモンが放出されて、そのホルモンを受け取った器官は熱を発して、そのおかげで体は寒さに耐えることができます。体温だけではなく、疲れると眠くなったり、体が栄養不足になるとおなかが減って食欲が出たり…体の状況に応じて様々なホルモンが働くことで、何か変化が体に起こった時、体の状態を生きて行くためのベストコンディションに保つために必要な変化、行動を私たちは起こします。このことを専門的な言葉で「ホメオスタシス」といいます。

ホメオスタシスで重要なプレーヤーとなるホルモンなのですが、体の器官それぞれが単独で判断してホルモンを分泌しているわけではありません。実は体の中には体のコンディションを常に監視し、それに応じたホルモン分泌を指示する「管制塔」のような器官が存在します。その器官は脳にある「視床下部」と言われる部分です。視床下部は左右の「こめかみ」の真ん中より少し上にある親指ほどの大きさの器官です。そんな小さな器官が体全体のコンディションを整えるために監視・ホルモン放出指示など行っているなんてスゴいですね!!

視床下部のはたらきについて細かく見て行きましょう。視床下部の構造についてですが視床下部はいくつかの「神経核」とよばれる球状のかたまりが何個も集まったような構造をしていて、それぞれにホメオスタシスのための固有の機能があります。その機能とはおおきくわけて6種類あります。

①「ホルモンの分泌調整」

これは先ほども言いましたが、体の血液をチェックしてホルモンの分泌が適度に保たれているかチェックする機能です。

②「自律神経の調節」

ホメオスタシスにはホルモンだけではなく、交感神経と副交感神経とよばれる体中に張り巡らされた２種類の神経のネットワークが働いています。交感神経は主に興奮したときに働き、心拍数の増加や肝臓などで蓄えたグリコーゲンを血液中に放出させるなど、いわゆる「戦闘態勢」になるための様々なメンテナンスを行います。逆に副交感神経は安静に、いわゆる「リラックス状態」をつくるために様々な機能を発揮します。生き物の体はこの２つの神経がバランスをとりながら、自分のおかれた「環境」に対応したコンディション作りを行っています。

③「一定のリズムで行動するためのタイムキーパー」

箕越靖彦教授

生物の体には、不思議なことにある一定のリズムで行動が起きることが知られています。真っ暗闇のなかにマウスをおいてその行動をチェックすると、そとの光が見えないので昼か夜かも分からないはずなのに、一定のリズムであたかも昼と夜が分かっているかのように行動することが知られています。これも視床下部の働きのおかげで、視床下部の視交差上核と言われる部分が時計のような役割をして一定のリズムで行動するように調整しています。

④「食べる」、そして食べて得たエネルギーを「使う」

満腹中枢と摂食中枢、という言葉をきいてピンとくる人もいるのではないでしょうか？ 満腹中枢はお腹がいっぱいになったことを感知する部分で、摂食中枢は「食べろ！」と体に指示を出す部分です。この二つの中枢は「食べる」行動の指示とともに、体の中での「エネルギーの使い方」についての指示も同時に出しています。この調節には「レプチン」と呼ばれるホルモンが重要な役割を担っています。

⑤睡眠と覚醒の調節

生き物を睡眠状態にするか、目の覚めている覚醒状態にするかを調節している部分で、特集の中で登場したオレキシンがここでも重要な役割を持っています。

⑥体温調節

人間の体には「褐色脂肪組織」とよばれる強力なヒーターのような熱生産器官が存在することが最近の研究によって発見されました。ここの熱の生産を体の状態を監視しながらバランスを保つ働きを持っています。実はこの働きにも先ほど登場したレプチンが関わっています。また、熱を生み出すだけではなく、生み出した熱を外に逃がして体温を一定に保つ働きも同時に行っています。

⑦生殖機能の調節

これまでに紹介した機能を駆使して、生物は自分の内部・外部の環境の変化に合わせて命の活動を保っています。視床下部には「自分の命」をつなぐための働きだけではなく、自分の種族を保つための働きを持っています。それは生殖機能の調節です。自分のおかれている環境が食べ物の少ない環境であったり、生存に適していない環境であった場合、子孫をつくってもその子孫が無事に生きれる可能性は低くなってしまいます。そこで視床下部では、体の状態を監視しながら生存に適した環境でのみ、生殖のためのシステムが体で働くようにコントロールしているのです。

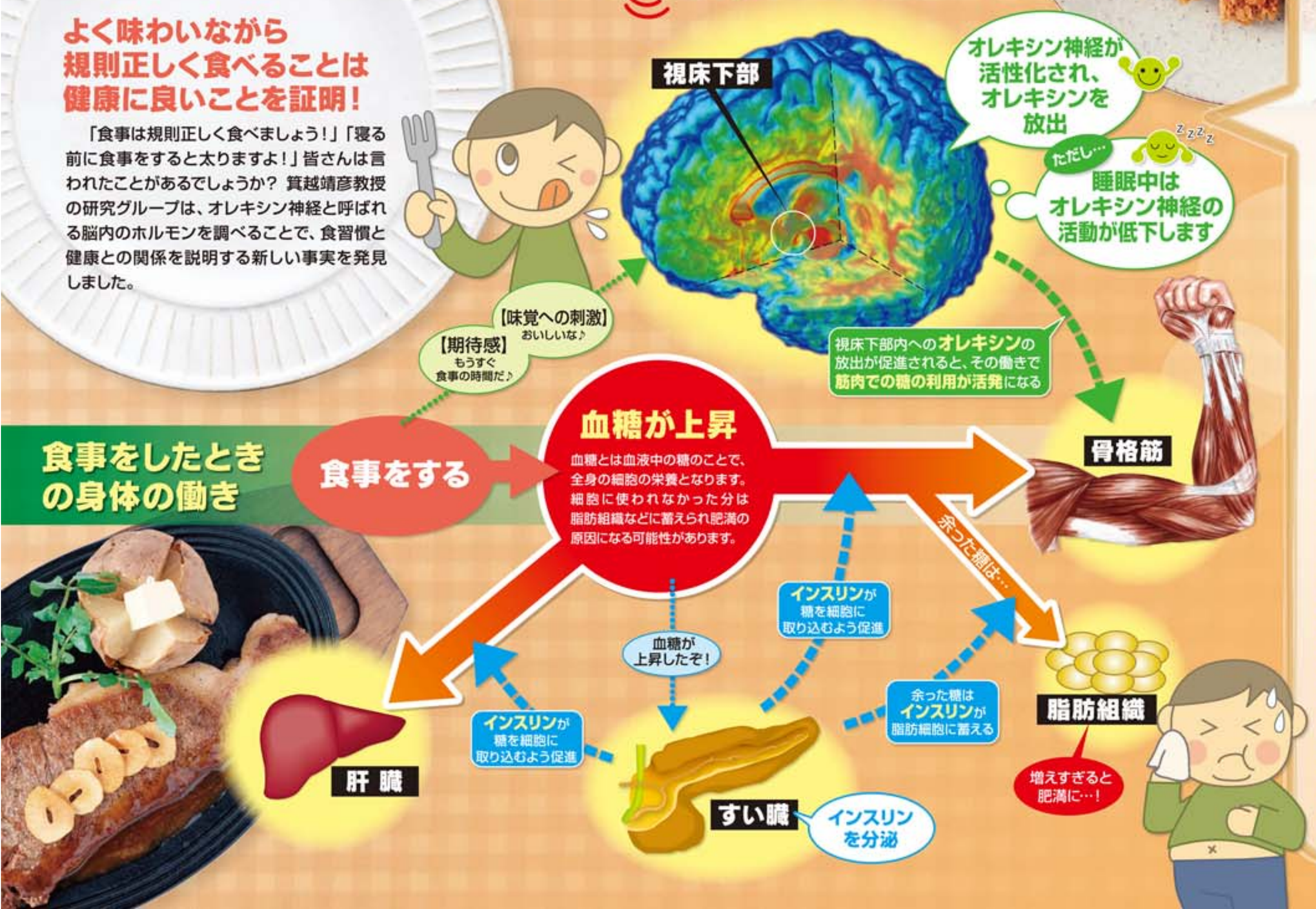
いろいろな機能を見てきましたが、全て共通しているのは「生きるためのベストコンディションにからだを維持するため」というのが分かると思います。

そんな視床下部に注目し、研究を行っているのが特集でも紹介された箕越靖彦先生（写真）です。箕越先生は視床下部が持つ機能の中でも、「食べる」そしてその食べて摂取したエネルギーを「どう使うか？」に注目して研究しています。一体どんな研究をしているのでしょうか？ そしてそこからなにが分かるのでしょうか？ 箕越先生からお話を聞いた僕は、人間のからだの状態から、行動までをすべてコントロールしている「視床下部」のダイナミックな働きを知って大興奮してしまいました（笑）その感動を次回の記事でみなさんに伝えたいと思います。どうぞお楽しみに！

寝る前に食べると太りやすいって本当!?

よく味わいながら規則正しく食べることは健康に良いことを証明！

「食事は規則正しく食べましょう！」「寝る前に食事をすると太りますよ！」皆さんは言われたことがあるでしょうか？ 箕越靖彦教授の研究グループは、オレキシン神経と呼ばれる脳内のホルモンを調べることで、食習慣と健康との関係を説明する新しい事実を発見しました。


視床下部
オレキシン神経が活性化され、オレキシンを放出
ただし…
睡眠中はオレキシン神経の活動が低下します
【味覚への刺激】おいしいな♪
【期待感】もうすぐ食事の時間だ♪
視床下部内へのオレキシンの放出が促進されると、その働きで筋肉での糖の利用が活発になる
食事をしたときの身体の働き
食事をする
血糖が上昇
血糖とは血液中の糖のことで、全身の細胞の栄養となります。細胞に使われなかった分は脂肪組織などに蓄えられ肥満の原因になる可能性があります。
骨格筋
余った糖は…
インスリンが糖を細胞に取り込むよう促進
血糖が上昇したぞ！
余った糖はインスリンが脂肪細胞に蓄える
脂肪組織
増えすぎると肥満に…！
インスリンが糖を細胞に取り込むよう促進
肝臓
すい臓
インスリンを分泌

発達生理学研究系 生殖・内分泌系発達機構研究部門 箕越 靖彦 教授

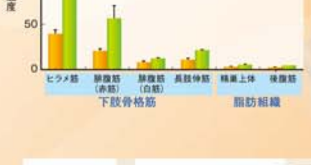
発達生理学研究系 生殖・内分泌系発達機構研究部門 志内 哲也 助教

食事を味わって規則正しくとると、オレキシンが分泌され、血糖の上昇を抑えます。

食事を規則正しく味わってとると、オレキシン神経が食事中に活性化されてオレキシンというホルモンが視床下部内で分泌され、交感神経の働きを高めます。交感神経は筋肉とつながっており、この働きにより筋肉での糖の取り込みが促進されます。このオレキシンの働きで血糖の上昇が抑えられることになるのです。

しかし、オレキシン神経は、睡眠—覚醒のリズムを作り出す脳の働きに関わるホルモンで、睡眠中は活動が抑えられています。そのため、夜中に食事をしてすぐ寝てしまうと、オレキシンによってうながされる筋肉での糖の利用が抑えられて血糖がより上昇してしまうと予想されます。そして、上昇した血糖は筋肉ではなく脂肪組織などに蓄えられて、肥満の原因になる可能性があります。

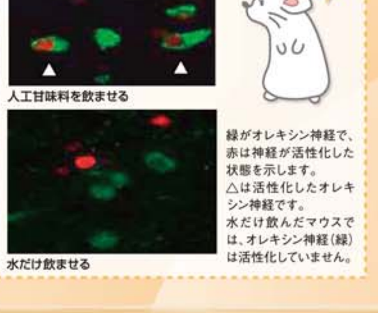
●オレキシンによって筋肉で糖の利用が高まる



「オレキシン神経の活性」と「味覚刺激とその期待感」の関係を証明

それでは「オレキシン神経の活性」と「食事を味わって規則正しくとる」ことの関係性の根拠はどこにあるのでしょうか？それはマウスの実験で証明されました。人口甘味料であるサッカリンをマウスに与えると、オレキシン神経が活性化し、さらに、オレキシン神経の活性化は、3日間トレーニングすると、よりはっきりすることもわかりました。ただの水を飲んだマウスにはこの現象はおこりませんでした。この実験結果から、味覚刺激とその期待感によってオレキシン神経が活性化することがわかります。

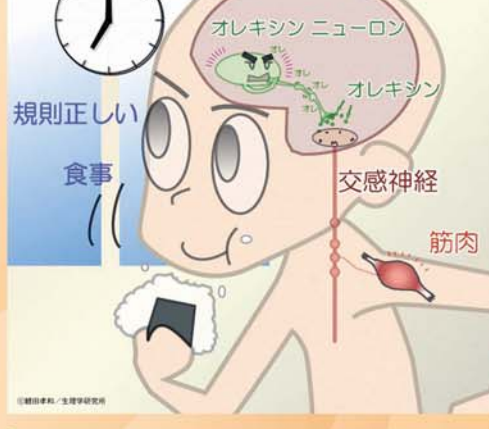
●マウスの脳神経



人工甘味料を飲ませる

水だけ飲ませる

緑がオレキシン神経で、赤は神経が活性化した状態を示します。△は活性化したオレキシン神経です。水だけ飲んだマウスでは、オレキシン神経（緑）は活性化していません。


オレキシン ニューロン
オレキシン
規則正しい
食事
交感神経
筋肉

©鯉田孝和／生理学研究所

決まった時間によく噛んで食事をするよう心がけよう！

この研究によって、「決まった時間に食事をし、よく噛んで食べることが健康に良い」という通説を裏付けることができました。健康であるために規則正しい食生活を心がけることは、有効と言えるでしょう。

T. Shiuchi, MS. Haque, S. Okamoto, T. Inoue, H. Kageyama, S. Lee, C.Toda, A. Suzuki, ES. Bachman, YB. Kim, T. Sakurai, M. Yanagisawa, S. Shioda, K. Imoto, Y. Minokoshi,
Hypothalamic orexin stimulates feeding-associated glucose utilization in skeletal muscle via sympathetic nervous system. Cell Metab. 10:466-80. (2009)

せいりけん＆岡崎市教育委員会タイアップ事業

心と体の科学

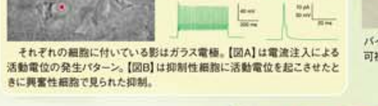
からだって、すごい！

関連サイト 一歩一歩学ぶ「脳とこころの不思議」Webで公開中！
脳とこころの不思議 検索

第8回 脳の神経細胞を見てみよう

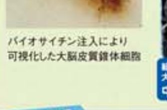
今回は、岡崎市立東海中学校の生徒さんが、「パッチクランプ」という実験方法でマウスの脳神経細胞を観察しました。

ラット大脳新皮質の興奮性細胞・抑制性細胞 それぞれから活動を記録



それぞれの細胞に付いている影はガラス電極。【図A】は電流注入による活動電位の発生パターン。【図B】は抑制性細胞に活動電位を起こさせたときに興奮性細胞で見られた抑制。

脳の神経細胞（ニューロン）

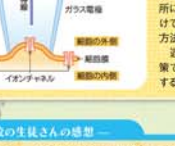


バイオサイチン注入により可視化した大脳皮質錐体細胞

生体情報研究系 神経分化研究部門 吉村 由美子 教授

総合研究大学院大学 大学院生 中川 直 さん

パッチクランプって何？



1991年ノーベル生理学・医学賞を受賞したエルヴィン・ネーアー教授とベルト・ザクマン教授によって発明された実験方法です。

細胞1個のようにとっても小さな場所に、ガラスの針でできた電極をくっつけて、電流とか電圧の変化を計測する方法です。

近年では、シナプスや樹状突起、軸策での局所的な電気活動を直接計測するためにも使われています。

『未来の研究者』に夢をたくす — 岡崎市立東海中学校の生徒さんの感想 —

今日の見学は本当に良い勉強になりました。正直、見学に行く前は脳についてあまり関心もなかったけれど、吉村先生から話を聞いたり、顕微鏡でニューロンを見たりしたら、すごさに感激し、興味が出てきました。

初めの絵を見たとき、一度ウシの絵が見えたら、その後はウシにしか見えなくなり、確かに「脳ってすごいな」と思いました。そして、それが脳のニューロンという細胞によって伝えられているということも少し理解できました。

ニューロンには興奮性と抑制性の二種類があり、抑制性の中にもいくつかの種類があると聞き、脳はとても複雑なものだということを知りました。顕微鏡で見たときも、違いがよく分かりました。また、興奮性ニューロンは情報を伝える役割、抑制性ニューロンは興奮性ニューロンの行き過ぎを止めて、バランスをとる役割、それぞれにきちんと役割があって、うまくできているなあと思いました。

吉村先生の話を聞いて、脳にはまだまだ不思議なことがたくさんあり、とても興味深いものだということが分かりました。（手嶋 亮介）

「生理学ということは、生物分野か。テストでは点が取れない分野だ。」

学校で担任の先生から、今回の見学の話を聞いたときに、瞬間的に思ったことです。理科は嫌いではないし、家でも金魚を飼っているので、生物については興味がありました。

生理学研究所は、廊下には英語で書かれたレポートがずらりと並んでいて、今まで経験したこともないような雰囲気でした。

ダイノウシンピシツ、ニューロン、シナプス…？全く知らない言葉でした。まず大脳新皮質やニューロン、シナプスなどについて説明を受けましたが、その間、質問は1つもできませんでした。理解できなかったわけでも興味がなかったわけでもなく、ただ驚いていました。こんな世界があるものかと。

それから、顕微鏡を使って、いろいろな方法で興奮性や抑制性のニューロンを観察しました。分かりやすく説明をしてもらえたので、理解できたし、大変面白い内容だと思いました。

今回、生理学研究所で見学させていただき、私という人間の小ささを痛感しました。生理学に限らず、私には知るべきことがたくさんあると思いました。もっとたくさんのことを勉強して、大きな人間になりたい。今回、見学できたことをとても感謝しています。（鳥田 堅太）

生理学研究所、吉村先生の研究室の見学は、初めて聞くことばかりで難しかったのですが、とてもためになりました。吉村先生や、研究室の先生方が難しい用語を使うたび、自分の知識の浅さを感じました。でも、先生方のお話を聞いていくうちに、[なるほど]と思うこともたくさんありました。今も「ニューロン」と「シナプス」のことは、しっかりと頭の中に収まっています。一番心に残っているのは、顕微鏡でニューロンを観察したことです。先生から人間の脳について、まだ詳しいことはほとんど解明されていないと聞いて、人が知ることのできる事実はわずかだと感じました。

今回の見学で、私は自分たちの脳のことを、少しだけ知ることができました。身の回りの不思議なことを自分で考えて、追究していくことはとても大切だと思います。この生理学研究所を見学して、自分ももっと多くのことを学ぼうという意欲がわきました。そして何より、普段は入ることのない場所を見学できて、楽しかったです。ありがとうございました。高校でも、脳のことをまた勉強する機会があったらと思います。（冨田 春香）

私は吉村教授の研究室を見学して、ニューロンやシナプスなど脳のことについて学びました。吉村教授は、中学生に分かるように説明をしてくれたので、とても分かりやすかったです。見学に行く前、先生から「人間の脳を見るかもしれない。」と聞いていたので、少し怖かったけれど、マウスの脳のスライス標本だったので安心しました。レーザー光スキャンの興奮性シナプスの観察では、脳の細胞を吸いつけるときに、図やグラフで説明してくれたので、何をしているのか理解ができました。三ヶ月も練習が必要な技術ということで、そんな大変な実験を見ることができて、嬉しかったです。

大きな顕微鏡に触れたり、今の日本の脳の研究の状況を知ることができたり、日常生活ではできないような体験ができました。本当にありがとうございました。（浅井 麻里子）