「同時計測用高磁場磁気共鳴画像装置」が生理学研究所に補正予算で配備

人と人がコミュニケーションする際の脳神経活動の同時記録へ “社会脳”機能イメージング研究の推進と広く共同利用実験に活用

生理学研究所の脳科学研究推進に、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」が配備されました。

4月27日（火曜日）に“火入れ式”がおこなわれ、今後、共同利用実験機器として、全国の大学・研究機関の研究者に利用していただけるものです。

これによって、２台のfMRIを使い二人のヒトの脳活動を同時に記録することができるようになりました。最近話題の「“社会脳”活動」、すなわち「人と人による会話やコミュニケーションなどの脳神経活動」を研究することができます。

生理研では、定藤規弘教授の研究グループが中心となって、文部科学省科学研究費補助金（基盤研究S）などの補助のもと、社会脳研究の推進をすすめていく予定です。

計測室の左右に各1台設置されたfMRI装置。プロジェクターなどから相互に画像などの刺激を同時に提示することができ、中央の計測制御コンソールから二人の脳機能の同時計測が可能となっています。

自然科学研究機構シンポジウム「ビックリ 4Dで見るサイエンスの革新」

3月21日開催 東京国際フォーラム

ビックリ 4Dで見る サイエンスの革新
NINS

第9回 自然科学研究機構シンポジウムが「ビックリ 4Dで見るサイエンスの革新」と題して開催されました。

今回のおもなテーマはイメージングサイエンスです。具体的にはコンピュータグラフィックスによるシミュレーションや可視化技術など、科学技術や研究の成果を視覚的に表現しているもの全般を含んでいます。特にこれから急成長するであろう3D動画（4D）をイメージング技法として取り入れ、人々に機構の革新的な先端研究を肌で感じてもらうことを試みていました。

せいりけんの展示ブースから

自然科学研究機構シンポジウム「ビックリ4Dで見るサイエンスの革新」において、せいりけんの展示ブースに医学生理学教育開発室で展開している「一歩一歩学ぶ生命科学」の展示をいたしました。

この教材は次のような特徴があります。

(1)「一歩一歩」の名の通り、情報を（弁のために心房から心室へは血液は流れるが、逆には流れない、などのように）最小単位を1ステップとして提示しています。
(2)その最小単位の情報を端的なイラスト、アニメを用いて明確に提示しています。
(3)その情報がわかると回答できる二択の（心房から心室に血液は［流れる 流れない］のような）クイズを提供しています。
(4)生命科学にとって重要な情報が何であるかを抽出しています。

すなわち、初学者でも紙芝居を眺め、クイズに答え、楽しく生命科学を勉強していただくことが狙いです。

基礎編はNIPSのサーバ https://sakura.nips.ac.jp/moodle/ から「ゲストとしてログイン」すると、閲覧していただけます。

今回の機構シンポジウムでは、一般の方から動画があることにより楽しく学ぶことができる、説明の後にチャレンジクイズがあることによって理解を深めることが出来るなどのコメントを頂くことが出来ました。また、無作為抽出で出題できるオンライン版も、わかりやすいと絶賛して下さる方もいました。

（情報処理・発信センター 医学生理学教育開発室 客員教授 渋谷まさと）

研究トピックス

ちょっと寒く なってきたチュー

■ 涼しい環境にもカラダが順応

生物は環境に順応しながら生きています。とりわけ恒温動物は体温を一定に保つためにエネルギー代謝を調節しており、“寒い”環境（4-10℃）にさらされると、エネルギー消費を促して熱を産生するように代謝調節が起きます。今回、せいりけんの細胞器官研究系細胞生理研究部門では、20℃程度の“涼しい”と感じる程度の温度変化の場合、どのような代謝調節が起こっているか、マウスを用いて調べました。すると、マウスは“涼しい”くらいの温度変化でもそれに順応して血糖値を上昇させるなど代謝機能を大きく変化させていること、また、体脂肪量を変化させることなくエネルギーを皮下脂肪に優先的に蓄えることがわかりました。

第12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⑩

みらいの科学者 大集合4

脳は不思議がいっぱい!!

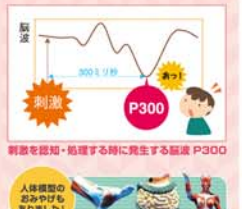
3月20日開催

統合生理研究系 感覚運動調節研究部門 柿木隆介 教授

今回の市民講座は、NHK「ためしてガッテン」や「すイエんサー」、フジテレビ系「ザ・ベストハウス123」、TBS系「カラダのキモチ」など多数に出演している、せいりけんの柿木隆介教授が登場。プロ野球選手がガムを噛んでいるのはどんな効果があるのか、宇宙飛行士が宇宙ステーションの中の無重力状態で周囲が回転すると脳の中でどのようなことがおきているのか、正座をして足が痺れないようにするにはどうしたらいいかなど、身近な話題を中心に、難解な脳科学をやさしく解説しました。また、講演の後に来場者が実際に参加体験できる脳波計測実験もあり大盛況でした。

■ P300が真実を語る

誘発電位 筋電図検査装置
©日本光電工業株式会社



刺激を認知・処理する時に発生する脳波 P300

人体模型の おみやげも ありました!

©タカラトミーアーツ

P300という脳波は、「脳指紋」とも呼ばれています。そうです、指紋とはあの指にある指紋のことです。実は脳にも指紋と同じように一度見たりした記憶がシッカリと残っているんです。それは本人が思い出せなくても、脳波を計測するとP300という反応になってあらわれてくるのです。

ですから脳波を計測すると、嘘発見器のように思い出せないことも本当は知っていることがわかってしまうのです。

P300についての詳細は、せいりけんニュースVol.11に特集が掲載されています。

せいりけんニュース ■ Vol.15 2010.5
発 行 日／2010年5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.0564-55-7700　FAX.0564-52-7913
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。

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.15 2010.5

反対側の脳が 肩代わり?!

特集

体の司令塔・脳
障害を受けた機能を回復させる仕組みをさぐる

ブレインミステリー11 PART.2
肥満ホルモン「レプチン」と睡眠ホルモン「オレキシン」

心と体の科学 番外編
中学生記者のせいりけん探訪
～脳の不思議が知りたい！～

NIPS NATIONAL INSTITUTE FOR PHYSIOLOGICAL SCIENCES

ブレイン・ミステリー11 PART.2

酒井 寛

■肥満ホルモン「レプチン」と睡眠ホルモン「オレキシン」

前回のブレインミステリーでは「ホメオスタシス」について、おおまかに紹介しました。覚えていますか？復習すると、ホメオスタシスとはホルモンという物質を血液中に放出したり、交感神経と副交感神経という2種類の神経のネットワークがバランスをとりながら働いて、体全体が「生きるためのベストコンディション」になるように調節する働きのことでした。そしてその「司令塔」とも言うべき器官が脳の一部である「視床下部」だった、ということでしたね。今回のブレインミステリーでは、ホルモンを用いたホメオスタシスが実際にどのようなものなのかを箕越先生の研究の重要なテーマである「エネルギーの摂取(食べること)とその消費(体で使うこと)」、それに関わるホルモンである「レプチン」、そして「オレキシン」という物質の、箕越先生を中心とする研究者が解明してきた働きを例に、細かく見て行きます。

レプチンと脂肪細胞　～脂肪細胞から視床下部へメッセージ～

脂肪細胞、と聞くと「脂肪細胞→脂肪→太る！→悪いヤツ！」と連想してしまいそうになりますが、ちょっと待ってください！動物はご存知の通り、自分でエネルギーをつくることができないので、食べ物を食べて生活しています。もし、体にエネルギーを蓄える機能がなければずっと食べ物を食べていなくては行けません。それでは生まれてから死ぬまで食べてばっかりの人生！つまらないですね。しかし実際には食べたエネルギーをためておく能力を持っています。どこにためているのでしょうか？実は、肝臓や筋肉、そして脂肪細胞にエネルギーをためているのです。「インスリン」というホルモンが分泌されるとこれらの細胞にエネルギーをためるのですが、体で使う以上にたくさん食べることができた時は、余ったエネルギーを主に脂肪細胞にためます。脂肪細胞はいわば、「エネルギーの予備貯蔵庫」の働きをしているのです。エネルギーをためること以外にも、動物が生きて行く上で重要な役割を脂肪細胞は担っています。それはホルモンの分泌です。そしてその中の一種が、前回にも少し登場した「レプチン」なのです。

「レプチン」という物質は、前回で説明したホルモンの一種で人間の体が生きて行くのに必要なエネルギーの摂取(つまり、「食べる」こと)と、そしてそれをどのように使うのかを調節しています。生物の体ではエネルギーを摂取しすぎても、また使いすぎても生きて行く上で重大な障害となってしまうので、このレプチンの果たす役割がどれだけ大きいかわかりますよね？

脂肪細胞からレプチンが分泌されると、おなじみ「ホメオスタシスの司令塔:視床下部」で受け取られます。レプチンを受け取った視床下部は食欲を抑制する、すなわち「食べる気無くなるモード」に体を切り替えます。それと同時に交感神経という体中に電線のように張り巡らされたネットワークに作用して、肝臓や筋肉などに「体の中にあるエネルギーを消費しろ！」と命令を出します。つまり、食べる量を低下させてエネルギーが取り込まれるのを抑制し、さらにからだでのエネルギー消費をあげることで、体全体でエネルギーの過剰な蓄積を防ぐことができるのです。しかし、過剰なエネルギーを摂取しすぎる、たとえば脂っこい高脂肪食を食べ続けるとこのメカニズムに「ゆがみ」が生じてきます。高脂肪食を食べ続けると、やがてレプチンが視床下部で効かなくなり逆に食欲が促進される上に筋肉などでのエネルギー消費が低下し、糖尿病などの病気を引き起こす事態になってしまいます。

レプチンはこのようにして食べる量および、エネルギーの消費を調節することで体の中のエネルギーバランスを正常に保っています。他にもレプチンは様々な働きを持っています。例えばやせすぎると病気になりやすいと言われていますが、その原因の一つはレプチンが少なくなってしまい、免疫(菌などの外部からの敵から自分をまもるシステム)が低下するためだと考えられます。

オレキシン

このオレキシンという物質はオレキシンニューロンとよばれる神経細胞から生み出される物質で、1998年になんと日本人がはじめて発見した物質なんです！そのオレキシンニューロンは「ホメオスタシスの司令塔」である視床下部に存在します。オレキシンも多くの作用を持っています。レプチンが摂食活動をおさえる働きをもっていたのに対し、オレキシンは促進する働きを持っています。他にも睡眠と覚醒のコントロール、交感神経の活動を促進して体のエネルギー消費を促進する、などの機能を持っています。実際に、オレキシンが視床下部で分泌されると、筋肉が血液からエネルギーの元である糖分を取り込む速度が、最大で3倍になることが箕越先生達の研究の結果分かりました。オレキシンが分泌されると、筋肉ではオレキシンの無いときに比べてどれだけ素早く、多くのエネルギーを使うようになるかが分かると思います。このようにオレキシンも重要な役割を多く担っているので、体の中でつくられないとナルコレプシーという、突然眠ってしまうという症状や、肥満、糖尿病などを引き起こす原因になります。

さて、そんなオレキシンについて、もう一つある面白い性質が分かっています。マウスにとってはご褒美のようなものである、甘い味のついた水を毎日決まった時刻に与えると、脳のなかのオレキシンを作り出す神経の活動が盛んになることがわかったのです。このことは、なにか動機があり(この場合であると、「甘い水を飲みたい！」ということ)、それが達成される(この場合であると「甘い水が飲めた！」という達成)と、オレキシンの生産が多くなるということを示しています。簡単に言うと、『食べる』という行動に対して「楽しみだなあ～幸せだ～!!」と思いながら、よく味わって食事をするとオレキシンの分泌が盛んになるということなのです。

以上、いろいろな性質を持っているオレキシンですが、実は「エネルギーの摂取と消費」という点から考えると、全ての機能が一本の線につながります。みなさんは体によいご飯の食べ方として「寝る前にはご飯を食べない」や「ご飯はよくかんで楽しんで食べること」というのを聞いたことがあると思います。これはまさに、オレキシンがたくさん分泌されるための大事な条件なのです。朝昼晩の三食を毎日決まった時間にとり、よく噛んで楽しみながら食べるとオレキシンの分泌が多くなり、体のエネルギーの消費能力が高められます。すると、余ってしまうエネルギーを減らすことができ、脂肪組織が必要以上に大きくなることを防ぐことができるのです。そうすると肥満などの原因となる脂肪組織が大きくなってしまうことを防ぐことになり、健康な体を維持することにもつながります。

このようにオレキシン、レプチンは、とても小さい分子であるにかかわらず、遥かに大きな生き物の体のコンディションを大きく動かす働きを持っているということが分かっていただけたと思います。

箕越靖彦教授（右）

しかし、箕越先生達の研究はここでは終わりません。さらに細かく、詳しく研究を進めて行った結果、また新たな事実が分かりました。そのストーリーの主役の名前は「AMPK」です。一体、何なのか？何をしている物質なのか？次回、詳しく紹介します。

せいりけんニュースVol.6,7掲載の記事の一部に誤解を与える表現がありました。お詫びいたしまして訂正させていただきます。なお、訂正後のブレインミステリーはせいりけんホームページにてご覧いただけます。

体の司令塔・脳

障害を受けた機能を回復させる仕組みをさぐる

最近の脳科学の進展によって、脳梗塞などによって障害された脳の機能も、効果的なリハビリテーションによって機能回復につながることがわかってきました。今回、自然科学研究機構生理学研究所の鍋倉淳一教授の研究グループは、脳梗塞後には反対側の脳が障害された機能を“肩代わり”することをマウスの実験で証明し、その脳の機能回復過程の詳細を、明らかにしました。そして、脳の神経回路の“つなぎ換え（再編）”や“機能回復”は、順序よく整然としたプロセスで起こっていることが初めて明らかになりました。

脳梗塞でも反対側の脳が障害された機能を “肩代わり”

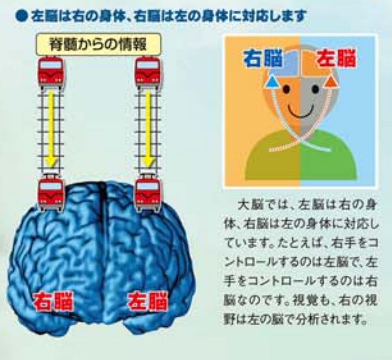
神経回路のつなぎ換えと機能回復が順序だてて起きている！

マウスの脳の右半球の表面、大脳皮質（体性感覚野）といわれる部位に脳梗塞が起こったとき、反対側の左半球の同じ部位の神経で何が起こるのかを、詳細に調べました。右半球の脳梗塞で障害された脳の機能も、左半球が代わりに働くようになり、機能を“肩代わり”するようになりました。その過程で、脳梗塞とは反対側の左半球では、脳の中の神経のつなぎ方がまず最初に組み変わり、機能を肩代わりするための新たな神経回路が組まれ（神経回路のつなぎ換え）、そしてその後に、刺激に応じて最適な機能回復が促されることが明らかになりました。このとき、脳の神経のつなぎ方が組み換わるのは脳障害後早期の1週間目から2週間目の間に起こること、また、機能回復は刺激を与え続けることにより脳障害後4週間目にかけて次第に完成されることも明らかになりました。

発達生理学研究系 生体恒常機能発達機構部門
鍋倉 淳一 教授

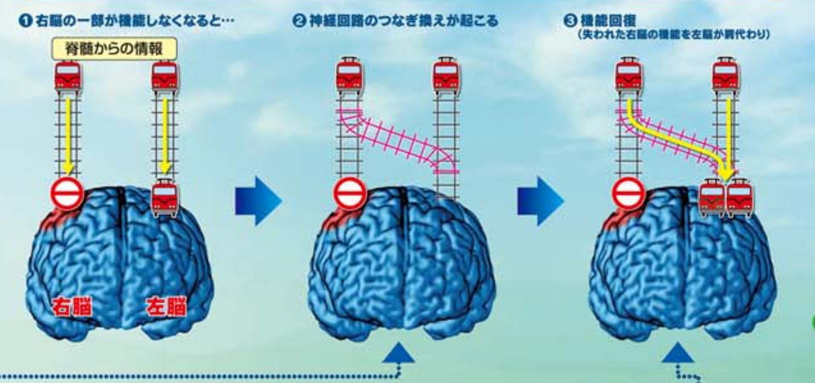
正常な脳の働き

● 左脳は右の身体、右脳は左の身体に対応します



大脳では、左脳は右の身体、右脳は左の身体に対応しています。たとえば、右手をコントロールするのは左脳で、左手をコントロールするのは右脳なのです。視覚も、右の視野は左の脳で分析されます。

脳梗塞で脳の一部が機能しなくなった場合

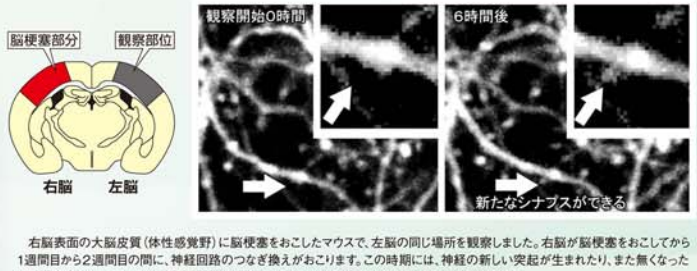


❶ 右脳の一部が機能しなくなると…
脊髄からの情報
右脳
左脳
❷ 神経回路のつなぎ換えが起こる
❸ 機能回復 (失われた右脳の機能を左脳が肩代わり)

脳障害後の機能回復のためのリハビリテーション方法開発に役立つ可能性。

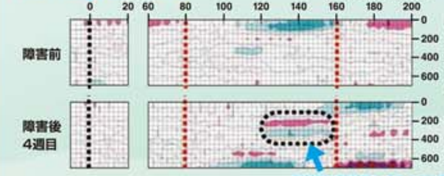
脳傷害後の回復の過程は漫然と起こるのではなく、まず脳の神経のつながり方が変わり、そのあとで機能回復が起こるような、整然としたプロセスを経ていることがマウスの実験で明らかになりました。神経回路の再編と機能回復は、それぞれ異なるメカニズムで起こっている可能性があり、それぞれの最適なリハビリテーション方法の確立に役立つかもしれません。

マウスによる実験　脳梗塞後1～2週間の間　右脳の脳梗塞で、左脳の神経回路の「つなぎ換え」が始まる



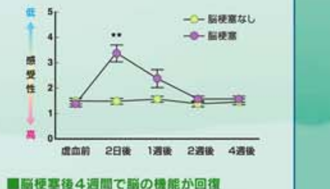
右脳表面の大脳皮質（体性感覚野）に脳梗塞をおこしたマウスで、左脳の同じ場所を観察しました。右脳が脳梗塞をおこしてから1週間目から2週間目の間に、神経回路のつなぎ換えがおこります。この時期には、神経の新しい突起が生まれたり、また無くなったりが頻度高くおこっています。観察開始6時間目には新しいシナプスができていることがわかります。

マウスによる実験　脳梗塞後4週間目　脳の反対側の脳が反応するようになり、機能が回復する



■脳梗塞後4週間で脳梗塞とは反対側の脳が反応するようになった

脳の神経細胞がある脳の表面から200～400ミクロン（1ミクロンは1/1000ミリ）くらいの深さの反応です。左脳は、通常では左足をいくら刺激しても反応しません。しかし、脳梗塞後4週間目には左脳が反応するようになりました。下の図で、点線丸内の脳の中の赤と青の間で電流が流れています。



■脳梗塞後4週間で脳の機能が回復

機械的な刺激を左足にあたえたときのマウスの行動（感受性の試験）を調べました。脳梗塞後すぐでは反応が鈍くなりますが、2週目くらいから再び敏感になり4週目には元通りに戻りました。もともと脳梗塞で失われた機能も、4週目には反対側の脳が肩代わりして、機能回復したものと思われます。

Takatsuru Y, Fukumoto D, Yoshitomo M, Nemoto T, Tsukada H, Nabekura J.Neuronal circuit remodeling in the contralateral cortical hemisphere during functional recovery from cerebral infarction. J Neurosci. 2009 Aug 12;29(32):10081-6.

＊本研究は、JST戦略的創造研究推進事業 チーム型研究（CREST）の研究領域「脳の機能発達と学習メカニズムの解明」（研究総括：津本 忠治（独）理化学研究所脳科学総合研究センター チームリーダー）における研究課題「発達期および障害回復期における神経回路の再編成機構」（研究代表者：鍋倉 淳一）の一環として行われました。

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

番外編 中学生記者のせいりけん探訪 ～脳の不思議が知りたい！～

下村脩先生が2008年にノーベル化学賞を受賞した「緑色蛍光タンパク質（GFP）」。これは、オワンクラゲからとられたタンパク質で、青色の光をあてると緑色の蛍光を発します。現在、このタンパク質を遺伝子導入することで、神経細胞など、様々な細胞を光らせてみることに成功し、最先端の研究で活躍しています。今回は愛教大附属中の生徒さんたちが、そのGFPを遺伝子導入した細胞を観察し、脳の中の不思議な世界をのぞいてみました。

細胞器官研究系 機能協関研究部門 小泉 周 准教授
目に見えるぐらい 巨大なイカの神経軸索に ビックリ!
視界がずれて見えるメガネで ダーツをすると…? 環境変化に対応する脳の実体験
愛知教育大学附属 岡崎中学校の生徒さん
蛍光顕微鏡で GFPで染色した細胞を観察しよう!
さくら
たまねぎ
にんにく
ネギ
ウサギの網膜の神経細胞
細胞器官研究系 機能協関研究部門 特定技術職員 森藤 暁 さん

蛍光顕微鏡ってなに？

普通の光学顕微鏡はタングステンランプなどの可視光線を用いた光源を使用して標本を観察しますが、蛍光顕微鏡はキセノンランプなどの光源を使用して、近紫外線など特定の波長をもった光をあてて、GFPなどの蛍光色素によって染色された標本が発光する状況を観察する顕微鏡です。光源の照射方法の違いから、透過型（通常の光学顕微鏡と同じ方式で下から照射します）と落射型（対物レンズと同軸で照射します）蛍光顕微鏡があります。

GFP遺伝子の遺伝子銃を用いた植物細胞への導入には、基礎生物学研究所 高次細胞機構研究部門の真野昌二先生、後藤志野さん、西村幹夫先生に、ご指導いただきました。

「未来の研究者」に夢をたくす ― 愛知教育大学附属岡崎中学校の生徒さんの感想 ―

私は、今、学校の個人追究として、「記憶脳」について調べています。今回、生理学研究所に訪問させていただいたのも、自分の個人追究を深めていきたいと考えたからです。

取材に協力してくださった小泉周先生は、私に「記憶脳」について説明してくださったり、脳について画像を使い、分かりやすく説明してくださいました。私は、自分の個人追究を1歩進めることができました。　（伊藤 花苗）

ぼくは、初めはものすごく「ガッチガチ」でした。でもとてもやさしかったのですぐとけました。それはさておき、ぼくは取材に行っていろいろ学びました。その中で印象に残ったのは4つあります。

1つ目は、脳は電線の「カタマリ」で、思っている以上に無意識に働いていることです。この電線に例えていたところが楽しく学べ、おもしろい点でした。

2つ目は、「シナプス」という、なくなると忘れてしまうつなぎ目です。これは単に恐ろしかったので印象に残っています。

3つ目は、夢はたぶん「記憶を整理するためにある」という意見で感動したのを覚えています。

4つ目は、「GFP」という名前のオワンクラゲのやつです。青色の光があたると緑色に光るというのを実際にタマネギの細胞で見て、とてもきれいだったのを覚えています。

小泉周さんを初めとした人たちがとてもやさしく教えてくれたので、よくわかりとてもかっこよかったです。ありがとうございました。　（加藤 丈禎）

私が追究してきた内容は、「脳は今よりも使えるのか？そのためには」についてで、私は、人は脳の3%～10%ぐらいしか使っていないと思っていました。でもそれは違って、自分が意識していない所でも脳は勝手に活動していることがわかりました。なので、今の状態の脳の働きをなるべく維持することが大切だと思いました。それには、アハ体験なども使えると思います。

私は、今回の体験を生かし、これからも「脳は今より使えるのか？そのためには」について関心をもって取り組んでいきたいです。　（増田 健吾）

私たち附属中学校1年生は、総合的な学習の一環として、個人追究活動に取り組んでいます。

自分たちの興味、関心からテーマを設定し、周りの人たちとの交流を通して、互いに感動を分かち合えるような活動を目指して追究を進めてきました。私が追究してきた内容は、アハ体験による脳の働きで、アハ体験をすると放出されるドーパミンの正体、ほめられると報酬が与えられ、やる気が出ることなどがわかりました。また、本物の脳や細胞を見ることによって、より理解を深めることができました。

私は、今回の体験を生かし、これからもアハ体験による脳の働きについて関心をもって取り組んでいきたいと思います。　（衛藤 奈子）