岡高の科学実験工房 第9回

岡崎高等学校 スーパー・サイエンス部

ガウス加速器 “運動量保存の法則”の実験

岡崎高校スーパーサイエンス部 小川諒祐 鈴木尚将

私たちの回りは磁石を使った製品であふれています。例をあげると携帯電話や、パソコンのハードディスクなどです。これらの製品の中にあるモーターにはネオジム磁石という非常に磁力の強い磁石が使われています。

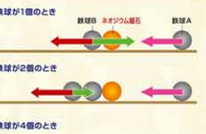
今回は、そんなネオジム磁石を使ってガウス加速器の実験をしてみます。ガウス加速器とは、ネオジム磁石の強力な磁力によって、あたかも運動量保存の法則にあてはまらないような現象がおきます。

用意するもの

実験1 普通の鉄球を3個並べて、右側から鉄球を衝突させます。

実験2 3個並べた鉄球のうち、最初の鉄球1つをネオジム磁石に変えて、同じように右側から鉄球を衝突させます。

実験3 鉄球の数をかえてみるとどうなるか…?



実験1では、鉄球Aの運動エネルギーが鉄球Bに伝えられ、同じエネルギーで鉄球Bが飛び出しますが、これを“運動量保存の法則”と言います。

実験2のように磁石を使ったときは、実験1の鉄球のみのときと比べ、鉄球Bが飛び出す速さはかなり速くなります。それは、衝突する鉄球が磁力によって加速し、磁石に衝突するからです。その力が伝わって鉄球Bが速くなって飛び出します。

磁力は物体と磁石との距離が離れるほど、物体にかかる磁力は小さくなっていきます。そのため、相対的に鉄球Bが飛び出そうとする力は鉄球が多くなるほど大きくなっていきます。ですから実験結果は鉄球が4個のときは2個のときに比べ鉄球が飛び出す速さは速くなります。

Neruo2010 市民公開講座 社会に広がる脳科学

2010年8月28日 キャンパスプラザ京都 2Fホール

■ マッスルセンサーでロボットハンドを動かす!

最先端の脳科学を身近に触れてもらおうと、Neuro2010の主催による市民講座「社会に広がる脳科学」が開催されました。講演会場では、脳科学の先端的研究に携わる第一線の研究者との討論会が開催され、展示会場では実際に体験できる実験コーナーなどが設けられました。生理研からは「マッスルセンサー」が出展され、立命館高校によるプレゼンテーションで体験実験コーナーが設けられました。今回は、出力装置としてロボットハンドを用いたデモンストレーションもあり、参加者は筋肉からの電気信号によってロボットハンドが動く事に驚いていました。（脳機能計測・支援センター 佐治俊幸）

第14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⑫

みらいの科学者 大集合6 バスで巡るサイエンススクール ～せいりけん夏休み親子体験教室～

2010年8月21日開催

夏休み恒例の「せいりけん市民講座」は、ずんと岡崎と名古屋をバスで大移動して開催されました。第1部の岡崎げんき館では、脳と視覚の不思議を題材にした体験する実験教室を開催。調査の途中、種があったっけ?グレーのダイアは、切りぬいてみると、すっかり同じ色でしょ。これは脳が色の違いを判別する時、緩やかな変化には反応しにくいことを利用した錯視です。

第2部は名古屋市科学館で昆虫の特別展示を見学。世界の不思議な昆虫や、驚くような生態もいろいろ学び、自由研究の生きた資料が収集できたと思います。現在のプラネタリウムは、これで最後の観賞会。来年3月に約35mの巨大な世界一のドームが完成します。

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22年度 地域の科学普及推進事業 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.17 2010.9
発行日／2010年9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）イリミ印刷所
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.17 2010.9

夜行性のネズミが夜も眠り続ける??

特集

睡眠と脳のメカニズムにせまる

ノンレム睡眠を誘導する新しい神経タンパク質の働きを解明

プレインミステリー11 PART.3
燃焼センサー「AMPK」と肥満ホルモン「レプチン」

岡高の科学実験工房 第9回
ガウス加速器
“運動量保存の法則”の実験

心と体の科学 第10回
人の体と脳

ものづくり岡崎フェアにマッスルセンサー出展!

2010年7月8・9日に開催された第20回ものづくり岡崎フェア2010に、マッスルセンサーが出展されました。

プレイン・ミステリー11 PART.3

酒井 寛

■燃料センサー「AMPK」と肥満ホルモン「レプチン」

これまで2回にわたって紹介してきた箕越先生の研究紹介シリーズも3回目、今回で最後になります。第1回ではホメオスタシスについて。そして第2回ではエネルギーのホメオスタシスに重要な役割を持つレプチン・オレキシンの機能を紹介しました。今回はレプチンが関与する「エネルギーのホメオスタシス」で活躍する「AMPK」というものについて、箕越先生のグループが発見したことを紹介します。AMPKは一体、どこで何をしているのでしょうか?

AMPKとは?

細胞の中では様々な種類の酵素が生きるための仕事を役割分担しながら行っています。AMPKはそんな酵素達の1つで、ほとんど全ての細胞に存在し、他のタンパク質に「リン酸」という物質をくっつける働きをしています。リン酸は酵素が働くためのスイッチをONにする際に重要な物質です。このリン酸をくっつけることで、AMPKは他の酵素の働きをコントロールする役割を担っています。これまでの研究から、AMPKはエネルギーの生産に関わる酵素をコントロールしていることが分かっていました。さらに、細胞の中でエネルギーが足りなくなる事態に陥ると、その事を察知して働き出したAMPKは生産に関わる酵素などのスイッチをONにすることも判明しました。このような働きからAMPKは「燃料センサー」とも呼ばれるようになりました。

そもそもAMPKについて近年、面白い新発見が次々となされました。96年に骨格筋でのAMPKの新しい機能が発見されました。そして01年には糖尿病治療薬が効くにはAMPKが重要であること、さらに02年と04年には箕越先生達の研究グループがある発見をしました。この発見については後で説明します。次々とAMPKのこまで知られてなかった働きが明らかになって行く流れの中で、AMPKに対する考え方が変化してきました。これまでは細胞の中の「燃料センサー」だとおもわれていたのですが、細胞の中だけでなく、体全体のエネルギーバランスを保つために重要なものとして考えられるようになってきたのです。

箕越先生達はAMPKについて、何を発見したのでしょうか?

AMPKとレプチンの関係

箕越先生達のAMPKについての発見、1つ目は02年に報告された「レプチンによってAMPKが活性化される」です。レプチンについて覚えていますか?レプチンは生体物のからだでエネルギーのバランスを整えるために必要なホルモンの一種でした。レプチンが分泌されると起こる反応の一つにエネルギーの消費が多くなるというのがあります。レプチンを受け取った筋肉などのエネルギーを消費する組織の細胞ではこの時何が起こっているのでしょうか?血液の流れにのってやっていたレプチンを、筋肉の細胞は細胞膜上にある受容体で受け取ります。レプチンを受け取った受容体は、その情報を細胞の内部にある別の物質に伝えます。そして、その物質がまたその情報を別の物質に伝え…というように「レプチンが来たぞ!」という情報を伝言ゲームのようにして、細胞の中にある「核」まで伝えます。核には生きて行く上で必要な情報が入っていて、その中から受容体が受け取ったメッセージに応じて細胞が働くための「指令」が出されます。そしてその指令通りに働くことで、細胞はやってきたメッセージに応じた反応が出来るのです。これを細胞の「シグナル伝達」といいます。「シグナル伝達」というと難しそうに見えますが、シグナル伝達とは「細胞の中を様々な物質が情報をリレーして核まで伝える「伝言ゲーム」のようなもの」と理解してもらえれば結構です。箕越先生達はAMPKがレプチンの情報を核に伝える「伝言ゲーム」の中の物質の1つだ、ということを発見しました。レプチンが筋肉などの細胞に受け取られると、伝言ゲームが細胞内でスタートしAMPKまで情報がやってきます。するとAMPKは同時に二つの物質に「レプチンがやってきたから、働いてくれ」と伝言します。その伝言の1つ目は「核から細胞全体に、エネルギーを使う指示を出すように頼んでくれ」2つ目は「細胞のエネルギー工場であるミトコンドリアに余っている燃料をもって使ってエネルギーを生み出すように頼んでくれ」です。この「伝言」が行き届くことによって、細胞でのエネルギー消費が上昇します。そして細胞が集まって出来ている筋肉などの組織全体でのエネルギー消費が増加するのです。

AMPKは細胞内の小さな物質ですが、体全体のエネルギーバランスを保つレプチンの指示を忠実に細胞で実行するためには必要不可欠なものだったのです。

AMPKによって食欲が変わる?

以前にも紹介しましたが食欲も視床下部でコントロールされています。視床下部で体内の栄養素などを監視し、体全体でのエネルギーバランスを整えるために食欲のコントロールを行うのです。箕越先生達はここでもAMPKが重要な役割を持っていることを発見し、報告しました。2004年のことです。

食欲は視床下部の中でも「弓状核」と「室傍核」という場所でコントロールされています。これらがお互いに連絡を取り合うことで摂食量、すなわち食欲をコントロールしていることが知られています。この「連絡を取り合う」ときにAMPKの持つ働きを箕越先生達は解明しました。まずAMPKの働きが弓状核で低下すると、弓状核と室傍核をつなぐ神経細胞の活動が低下します。その結果、室傍核で食欲を抑える神経が働き出し、そして食欲が低下するということを発見したのです。逆に、弓状核でのAMPKの働きが活発になると逆の現象が起こり、食欲が上昇することも発見しました。さらに箕越先生達は視床下部でのAMPKの研究をすすめました。すると、マウスの視床下部でのAMPKの働きを人為的に操作してやると、なんと食欲だけでなく好き嫌いまでも変化することがわかったのです。このようなことから、燃料センサーと呼ばれていたAMPKは「食べる」という行動にまでも影響を与える重要な因子だと考えられるようになったのです。

AMPK ～小さいけど仕事はとても大きい!～

これまでの研究からAMPKは細胞の中でのエネルギーの消費をコントロールしているだけでなく、エネルギーの摂取(=食べること)にもおおきな影響を与えることが分かってきました。細胞の中のスゴく小さなブレーヤーの一つなのに、体全体のエネルギーバランスの調整のために非常に大きな役割を果たしているのです。最近では糖尿病の治療に大きな役割を担う可能性をもっている因子として注目を集めています。小さいけどやる仕事はめちゃくちゃでかい!そんな細胞の中のAMPKの働きっぷりを、ご飯を食べながら、運動しながら想像すると一人間の体って不思議だな、うまくできてるな!と思いませんか?健康な生活をしてがんばっているAMPKに感謝をしたいですね。

箕越講師教授

睡眠と脳のメカニズムにせまる

ノンレム睡眠を誘導する新しい神経タンパク質の働きを解明

生理学研究所の山中章弘准教授の研究グループは、これまで機能がわかっていなかった新しい神経タンパク質“ニューロペプチドB（Neuropeptide B）”が睡眠の誘導に働いていることを解明しました。

睡眠ってどういう状態なの?

睡眠とは、人間や動物の身体的な必要性から生じるものです。必ず覚醒可能な状態であって、意識水準が一時的に低下する状態をいいます。でも、麻酔や冬眠などの特殊な状態は、覚醒が難しいので正常な睡眠とはいいません。

睡眠の段階

覚醒状態

脳波は、13～40Hzのベータ波がみられ、眼を閉じて安静にしていると8～12Hzのアルファ波も現れます。

睡眠状態

ノンレム睡眠

第1段階 入眠期の状態で、ゆっくりとした眼球運動（セム）がみられ、アルファ波が消失して4～7Hzのシータ波が現れます。

第2段階 12～14Hzの睡眠紡錘波とK複合波が呼ばれる波が出現します。初期の浅い眠りの状態です。

第3段階 脳波の基線がゆらぎはじめ、2Hz以下のデルタ波が20～50%の割合で現れます。セムはなくなり、規則正しい寝息になります。

第4段階 眠りがさらに深くなると脳波の周波数は3Hz以下に下がり、デルタ波の割合が50%以上を占めるようになります。

レム睡眠

第5段階 体は動いているのに脳は起きているという状態で、急速眼球運動（レム）がみられ、眠りに入るとき（第1段階）と同様の波形となります。また、活発化した脳活動の結果として鮮やかな夢を見ます。

睡眠の周期

第1段階から第4段階まで進み、第2段階を経てレム睡眠になります。この周期が90分～120分周期で繰り返されます。

第1段階 → 第2段階 → 第3段階 → 第4段階 → 第2段階 → 第5段階（レム睡眠）

浅い眠り　深い眠り　浅い眠り

National Institute for Physiological Sciences せいりけんニュース Vol.17

自由に寝たり起きたり行動するマウスの脳波を測定

今回の睡眠に関する研究では、「マウス脳波筋電図記録装置」と「エネルギー代謝モニタリングシステム」を使用しました。マウスの脳波、体温、血圧、酸素消費量、脳内神経活動などを、自由に寝たり起きたり行動できる状態で、1日中連続して測定、解析することができます。

マウス脳波筋電図記録装置

●マウスなどほ乳類の睡眠基準の判断

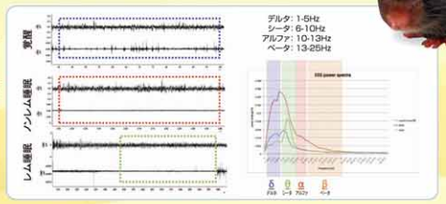
マウスなどは眠っている姿勢（行動睡眠）からでは、睡眠と覚醒の正確な区別は困難です。そのため、脳波を計測して（脳波睡眠）判断します。脳波には β（ベータ）波、α（アルファ）波、θ（シータ）波、δ（デルタ）波などがあり、これらのパターンで睡眠か覚醒かを判断します。

神経タンパク質の“ニューロペプチドB”がマウスのノンレム睡眠を誘発!

■脳波と筋電図からマウスの睡眠状態を把握

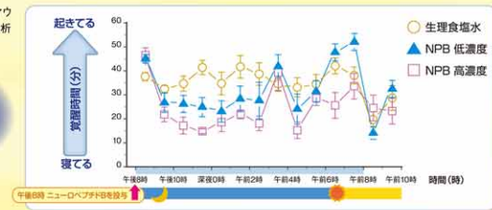
マウスの脳波と筋電図を同時測定して、その波形のパターンやリズムから、覚醒（起きている状態）しているか睡眠しているか見分けることができました。また、睡眠の中でも、θ波（脳波）などが主体であるレム睡眠なのか、δ波（脳波）などが主体のノンレム睡眠なのかも見分けられました。

頭と背中に電極を付けて脳波と筋電図を測定します。



■ニューロペプチドBを投与で、夜行性のネズミが夜でも眠りつづける!

ニューロペプチドB（NPB）を脳に投与すると、夜行性のマウスが夜になっても眠りつづけました。また、脳波と筋電図の解析から、この眠りはノンレム睡眠であることがわかりました。



今回の発見

新しい神経タンパク質であるニューロペプチドBが睡眠覚醒調節に関与することがわかりました。

ニューロペプチドBによって誘導される睡眠は、ゆったりとした脳波（δ波など）のノンレム睡眠でした。

行動・代謝分子解析センター 代謝生理解析室 山中 章弘 准教授

未来への展望

ノンレム睡眠を誘導する新しい睡眠薬の創薬に期待

睡眠の中でもノンレム睡眠を誘導できることは注目されるポイントであり、今後、ノンレム睡眠を引き起こす神経メカニズムの解明にもつながると期待できます。さらに、新しい作用機序の睡眠薬の創薬の可能性も期待されています。

せいりけん&岡崎市教育委員会タイアップ事業

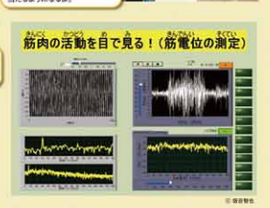
心と体の科学 からだって、すごい!

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10回 人の体と脳

今回の「心と体の科学」は、脳科学研究戦略推進プログラムの研究内容を中心に関係し、岡崎市立常磐中学校の生徒さんが、人の体と脳について学びました。①ヒトってどんな生物?②私たちの「からだ」「こころ」「脳」③脳プロで知りたいこと・わかってきたこと、という3つのテーマについて紹介しました。様々な進化をとげ、複雑な働きをする「脳」をもつ私たちヒトの特徴について、みなさんと一緒に考えるいい機会になりました。また、脳科学研究戦略推進プログラムがすすめる「社会のためになる脳研究」がどんなことに役に立つのか、その将来性についても知ってもらえたと思います。

脳機能計測・支援センター 特任助教 丸山めぐみ
脳機能計測・支援センター 特任准教授 今津 ゼンチ 研究員



※後藤智也

『未来の研究者』に夢をたくす ― 岡崎市立常磐中学校の生徒さんの感想 ―

ぼくが生理学研究所で一番印象に残ったのは、BMIという人の脳と機械を繋げる技術についてです。BMIは大きく分けて3種類あるそうですが、ぼくたちは脳から流れる数十マイクロボルトの電流で機械を動かす実験をさせてもらいました。実際にやってみると、予想していたよりも機械がよく動いたのでびっくりしました。

BMIは、義手や人工視覚、リハビリなどにも役立つそうなので便利な世界になるんだなと思いました。（戸田 皓）

ぼくが生理学研究所の体験で最も印象に残ったのは、脳で考えたことがコンピューターに伝わり、それが画像になるという技術です。この技術のすごいところは、手足の不自由な人が頭の中で考えたことを相手に伝えることができたり、自分の想像したイメージを画像として取り出すことができるところです。ぼくはこの技術を使って、映画を作ってみたいと思いました。

今回の体験は、今まで知らなかったことがたくさん分かったので、とても良かったです。（藤江 龍司）

わたしは、このような場所で話を聞かせてもらうのは初めてでしたが、とても分かりやすく教えていただけたので、脳や科学についてよく学ぶことができました。

左にずれて見える特殊なメガネをかけてダーツをすると、最初はなかなか当たりませんが、しばらくすると当たるようになってきました。これは、脳がだんだんその状態に対応するようになるからだと聞き、脳は状況の変化にすぐに対応できてすごいなと思いました。（大田 志保）

わたしは生理学研究所で脳についてのお話を聞かせていただき、一番印象に残っていることは、脳の電気信号の実験です。マッスルセンサーという実験器具を使い、体を動かす際に脳から神経を伝わり送られてくる電気信号で、モーターを回したり、電球に明かりを点けました。

この実験で、普段は気にしたこともなかった脳のはたらきを、改めて実感することができました。脳の研究が進むことで、未来がどのように変わってゆくのかとても楽しみです。（中根 由美桂）

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22年度 地域の科学普及推進事業 地域活動（草の根型）の支援により実施されました。