



第4回企画展

わたしたちの脳

東京大学医学部・医学部附属病院 健康と医学の博物館

第4回企画展

わたしたちの脳

展示期間：2012年9月11日(木)～2013年1月31日(木)

企画展概要

アメリカの生理学者W.B.Cannonは「*The Wisdom of the Body*」(1932)の中で「生体恒常性(ホメオスタシス)」を提唱しました。脳は生体の恒常性を保っており、生体をシステムとして捉えた時の中心ですが、それ以上に脳はわたしたちそのものであるように思えます。

本企画展「わたしたちの脳」では、脳の形、働き、病気を取り上げます。

まずは脳の形を解剖学的に確認します。硬い骨格と膜の内側に脳の実質が存在します。脳はいくつかの大きな部分に分かれ、細かく見るとニューロン(神経細胞)という神経の単位が存在しています。哺乳類は似たような構造を持っていて、これらのことはZONE 1に展示した模型と標本で確認できますので、よく比べ、観察してみてください。

また、脳の各部位はそれぞれ働きを担っています。大脳皮質の各部位がいろいろな人間活動を司ることはよく知られていますが、それでは小脳や脳幹はどのような働きをしているのでしょうか？

ZONE 2では、脳のしくみとはたらきが解明されてきた道程と、東京大学での最近の脳研究を取り上げます。生物の脳だけではなく、脳研究の応用である認知学習ロボットの研究も紹介しています。

他の臓器と同様に脳もやはり病気にかかります。ZONE 3では、腫瘍、血管の病気、外傷、神経変性疾患と、その治療を概説します。

そして、こころの病です。近年、認知症やうつ病への注目が高まっていますが、患者数の増加、個人及び社会への影響の大きさと比べると未だ関心は低いと言わざるをえません。これからは身近な病気として考えられるように、ZONE 4で知識を得てください。東京大学で行っている新しい診断と治療への挑戦を最後にご紹介します。

目次

企画展概要	・・・P1
-------	-------

ZONE 1 脳・神経とは？

脳模型	・・・P3
脳の構造について（体内での重さ、左右差、部位そのもの）	・・・P4
末梢神経・ニューロン	・・・P5-6
脳の機能局在	・・・P7
脳と全身の関係～恒常性を維持するための神経・内分泌・免疫のインタラクション～	・・・P8
ヒトと他の哺乳動物の脳の違い	・・・P9
動物の脳の標本展示	・・・P10

ZONE 2 脳研究の最前線

東京大学医学部の脳の基礎研究の歴史	・・・P11
伊藤正男先生に聞く～脳科学研究のこれまでと今～	・・・P12
探りながら運動できるようになるロボットを作り出す	・・・P13
脳波測定体験	・・・P14
シナプスにある「小さなトゲ（スパイン）」が、記憶の鍵を握る	・・・P15
2光子励起法を使って、ニューロンの活動を生きたまま観察	・・・P16

ZONE 3 脳の病気

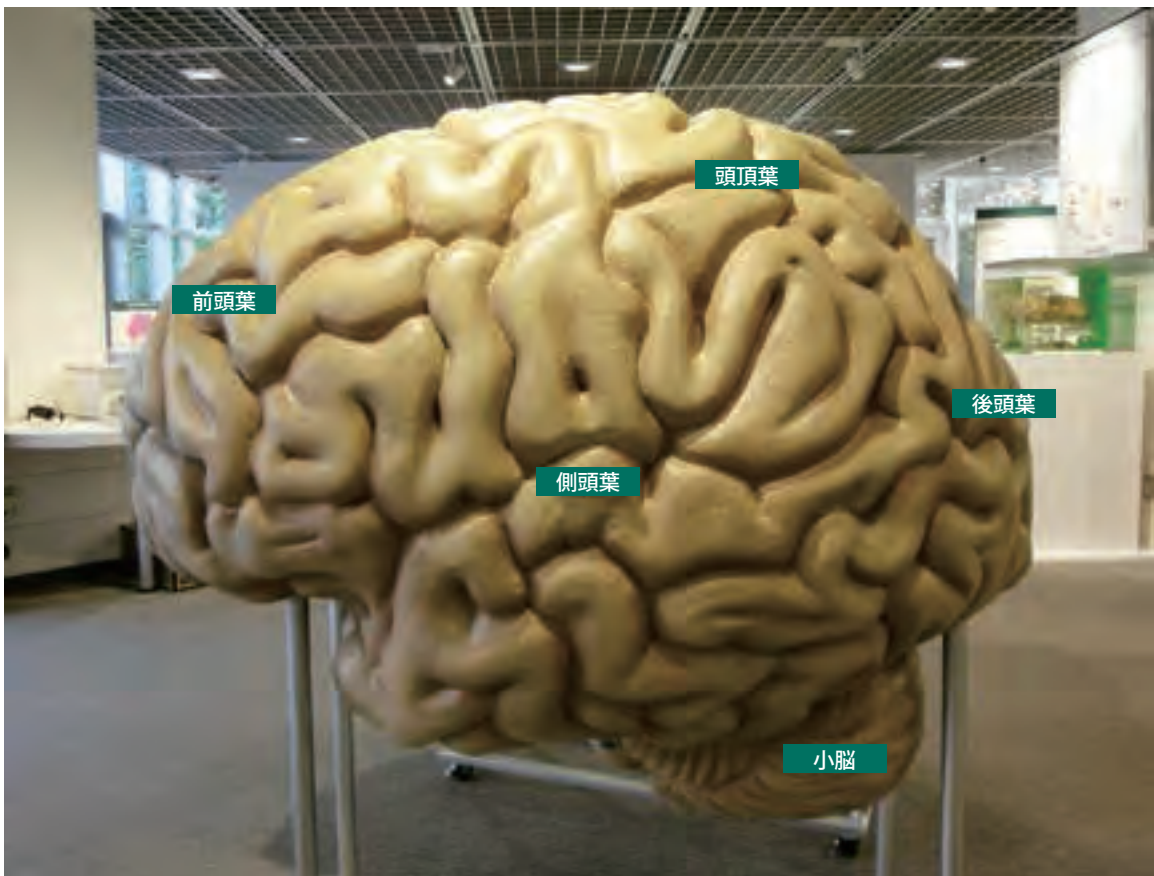
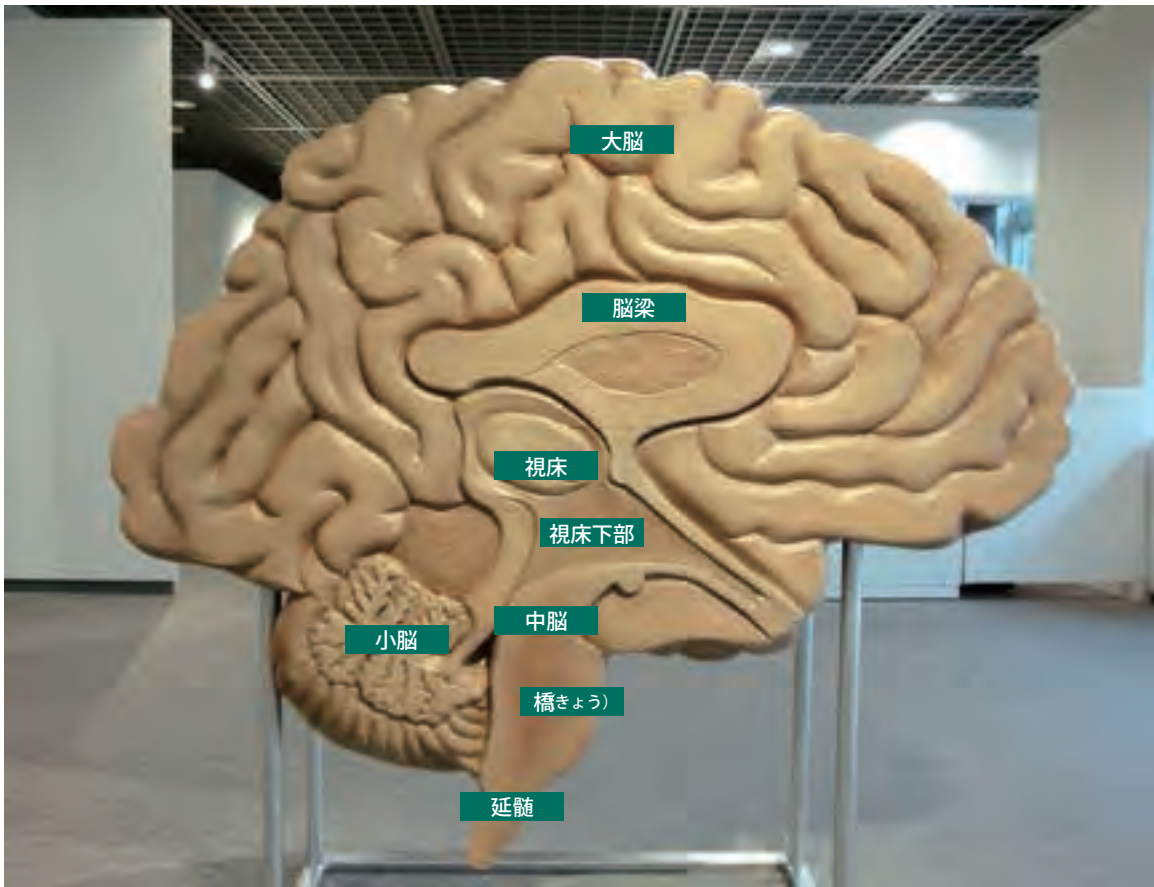
失った手足が痛む状態を、錯視を使って治療する	・・・P17
ヒトにそっくりのアンドロイドが、患者さんの心をやわらげる	・・・P18
標本展示	・・・P19
神経細胞が変性し、ドーパミンが不足して起きるパーキンソン病	・・・P20-21
脳深部刺激療法（Deep Brain Stimulation：DBS）	・・・P22
血管が詰まったり破れたりすると、脳にどのような異常が起きるのか？	・・・P23-24
外傷によって、脳はどのような損傷を受けるのか？	・・・P25-26
脳には、どのような腫瘍ができるのか？	・・・P27-28
佐野先生に聞く 脳神経外科学教室 初代教授	・・・P29
昔の器具 穿頭器	・・・P29
脳手術に用いる器具	・・・P30

ZONE 4 脳とこころ

アルツハイマー病は、脳画像や血液で診断できるようになるのか？	・・・P31-32
超高齢社会を目前に控え、予想以上に増えている認知症	・・・P33-35
光トポグラフィー（NIRS）検査とは	・・・P36
精神疾患を検査でみる試み（映像）	・・・P37
脳に関するポータルサイト	・・・P38

おわりに	・・・P39
------	--------

脳模型



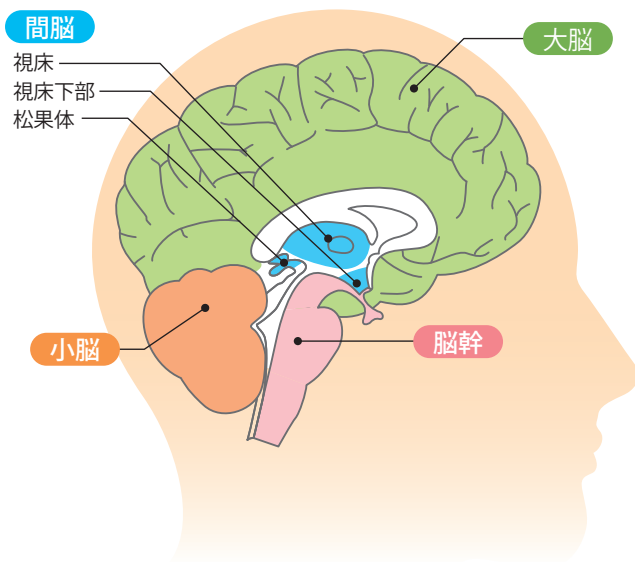
脳の構造について (体内での重さ、左右差、部位そのもの)

The Structure of Brain

私たちの生命・生活すべてを支える「脳」。私たちが生きていく上で欠くことのできない重要な部分ですが、その大きさは両手に収まるくらい、重さは大人でも1.3 kg程度と全体重の2%程度です。しかし、体全体で必要としている酸素も、栄養分であるグルコースも、全体の約5分の1は脳で使われています。それだけ脳が重要な働きをしているからこそ、脳に優先的に酸素や栄養が回されているのです。また、脳そのものは柔らかいので、頭蓋骨の内側には3層の膜(硬膜・クモ膜・軟膜)やクッション代わりの水(髄液)が存在し、脳を守っています。

主要部位の機能

脳は部位によってその働きは異なります。ここでは、**大脳**、**小脳**、**間脳**、**脳幹**の4つに大きく分けてその働きを紹介します。



● 大脳

大脳は、脳の中で最も大きな部分を占め、私たちがいろいろなことを考え、作り出すための、クリエイティブな能力を司る部分です。“読み書きそろばん”や、体を動かすこと、感覚を把握するための能力、さらに、芸術・言語・記憶といった能力に関連しています。

● 小脳

小脳は、私たちの身体と脳の調整を司る部分です。大脳で意図された運動と実際の運動を比べながら調整しており、見たり聞いたりしていることと自分の身体の動き・姿勢やバランスを制御するためには、小脳の働きが欠かせません。

● 間脳

間脳は主に視床下部・視床・松果体に分かれて、それぞれ環境との調整のような、生活と関わる特別な働きをしています。例えば視床下部では自律神経の制御、のどの渇きの調整、体温調節、サーカディアンリズムと呼ばれる睡眠パターンの調整、松果体では体内時計の調整に関与しています。

● 脳幹

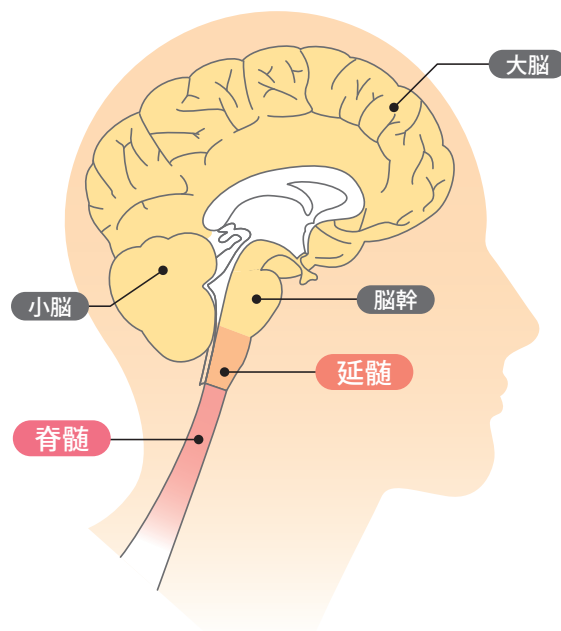
脳幹は、脊髄と間脳間の部分であり、呼吸・心拍を司り、感覚、運動などの各種神経とも関連して、生命活動そのものを支えています。一般的に脳死とは、脳幹までもが機能しなくなる状態とされており、脳の中でも最も根本的な生命活動に関わる部分と言えます。

末梢神経・ニューロン

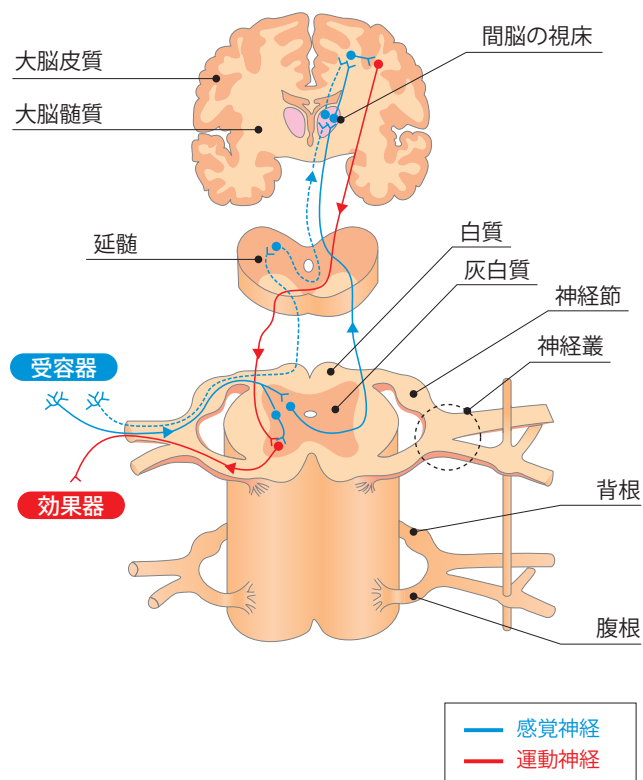
Peripheral Nervous System

脳の脳幹部分からつながって、背中の真ん中あたりまで背骨に沿って伸びる部分を、「脊髄」と呼びます。実は、この脊髄も、脳と同じく、私たちの身体にとって重要な働きをしています。脊髄は、脳から長く伸びており、そこから体中へ伸びる末梢神経とつながっています。

神経は首(頸部)、腕、腰、足といった身体のそれぞれの部分とつながって、その部分が動いている感覚を受け取ったり、動かしたりするための信号を送る役割を果たします。とはいえ、体の各部分と脊髄の神経が直接つながるというわけではありません。まず脊髄から離れた神経は、枝分かれして網のような部分を作り出します。この部分は神経叢しんけいそうと呼ばれ、電気の配電盤のような役割をします。神経叢でそれまでバラバラに異なる部分から来た神経が整理・組み換えられます。そして身体の同じ部分に行く神経ごとにまとめ直され、身体のそれぞれの部分まで伸びていきます。こうして、体の隅々まで、神経が行き渡ります。



● 脊髄の構造と働き

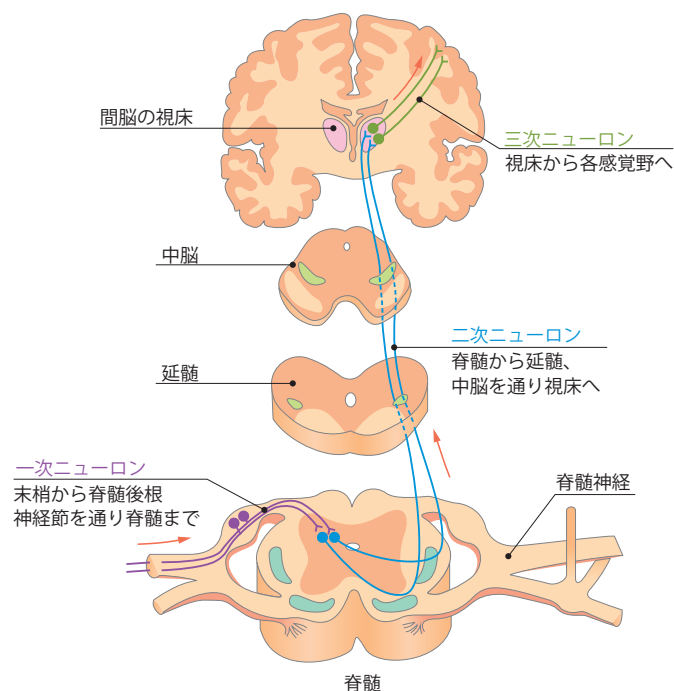


脳や脊髄といった中枢神経から、身体中に張り巡らされた末梢神経まで、神経には電気信号を伝える働きをしているニューロン（神経細胞）があります。

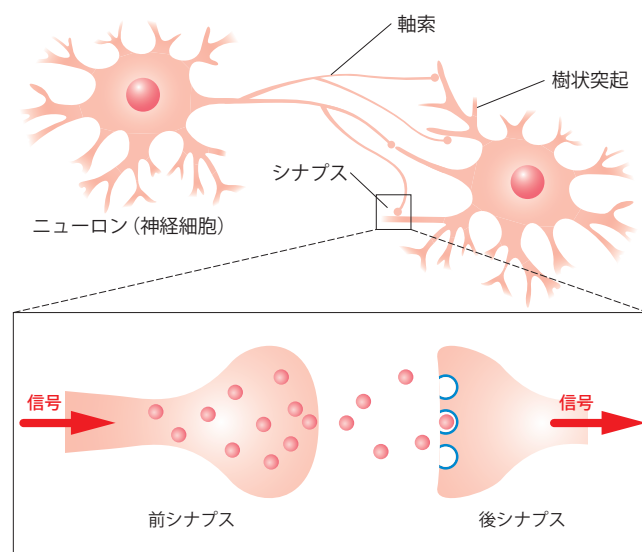
ニューロンには動いたことを感じ取る感覚ニューロンと、動かす指令を伝えるための運動ニューロンがあります。例えば、ある部分の筋肉を伸ばすと、筋肉が伸びたことが信号となって、末梢神経の中の感覚ニューロンを通じて脊髄、脳まで伝わります。反対に、どこかを動かそうとする時には、脳からの信号が運動ニューロンを通じて、脊髄・末梢神経の外へ出ていき、目的の部位まで伝わり、筋肉が縮みます。ニューロンは隣の細胞までの数mmのものもあれば、脊髄中の数十cmまで伸びるものもあります。ニューロンは末梢神経だけでなく、脳や脊髄の中にもたくさんあります。

さらにニューロンと他の細胞がつながる部分では、シナプスという信号の受け渡し部分が存在し、身体の遠い部分にも電気信号がきちんと身体中の細胞に伝わるようになっています。脳の動きは、このようにして身体中に伝わります。

● 感覚ニューロンの走行経路



● シナプスによる伝達



脳の機能局在

Localization of Brain Function

大脳皮質は部分ごとに異なる機能を担っています。脳神経科学の発展によって、環境からの刺激がどのように大脳皮質に伝わり、どの部分で情報が処理されているかが明らかになりつつあります。

光や音、痛み…。環境からのさまざまな刺激を目や耳、皮膚で受け取ったとき、それらの情報はニューロンを介して脳のどの部分に伝わるのでしょうか？ また、目の前にある物を取るとき、脳のどの部分からその命令は発せられるのでしょうか？ そして、記憶や学習、言語といった高度な精神活動は、どこで行われているのでしょうか？

20世紀以降、病気や戦争などによる脳の限られた場所の損傷と、特定の機能が失われることとの関連が調べられました。そして動物実験の結果や医療技術の進歩によって、現在では感覚や運動、高度な精神活動の中枢は、大脳皮質の特定の場所にあることがわかっています（下図）。

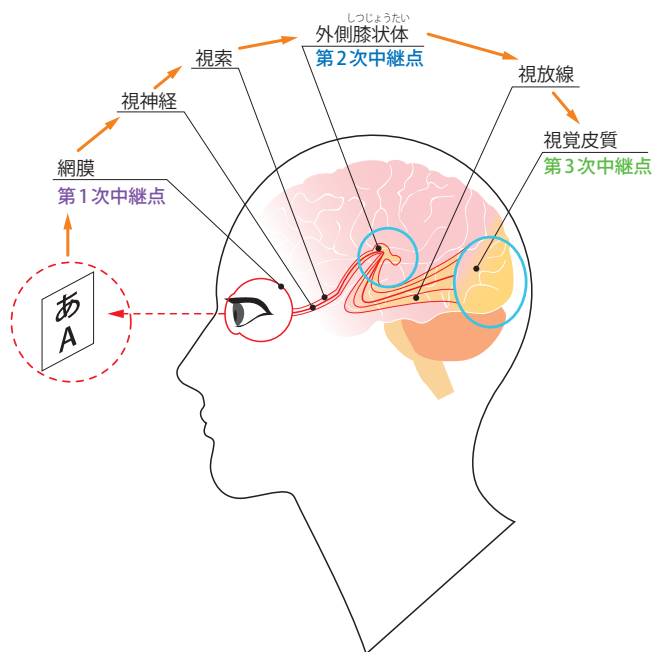
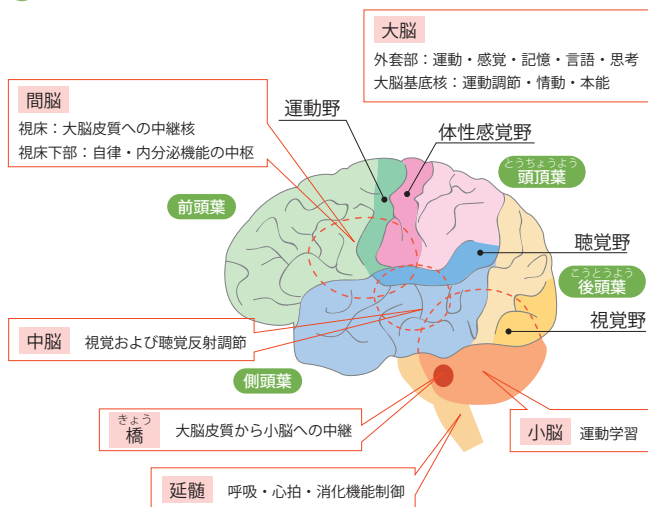
大脳は前頭葉・頭頂葉・側頭葉・後頭葉の4つの領域に分けられます。そのうち、体を動かす命令を出す運動野は前頭葉に、皮膚の感覚を担う体性感覚野は頭頂葉に、聴覚を担う聴覚野は側頭葉に、そして視覚を担う視覚野は後頭葉にそれぞれあります。また、その他の領域には、記憶や学習、言語などの高度な精神活動を担う連合野と呼ばれる部分が存在しています。これらの領域は、互いに協調して働いています。

では、環境からの刺激が大脳皮質の特定の場所に伝わるまでのプロセスを、視覚を例にとって見てみましょう（下図）。

あなたの目の前にあるパネルの文字。黒色の文字は、まず目の中にある網膜に届きます。網膜で受け取った光の刺激は、電気信号に変換されて視神経を伝い、神経を束ねる外側膝状体といった中継点に到達します。この中継点を經由して、パネルの文字という情報は後頭葉にある視覚野へと伝わっていくのです。

視覚野に届いた視覚情報は、次に2つの領域に伝えられます。1つは見たものの形や色を認識するための経路で、側頭葉にあります。もう1つは、見たものの空間内の位置をとらえるための経路で、頭頂葉にあります。このような情報の流れによって、「あ」や「A」といった文字の形、文字の色が黒であること、パネルの文字が上下左右どの位置にあるか、あなたからどのくらい離れているかがわかるのです。

● 脳の構造と機能



脳と全身の関係

～恒常性を維持するための神経・内分泌・免疫のインタラクション～

Homeostasis

代謝や体温調節といった、自分の意志で調節できない不随意的機能を担うのが自律神経です。自律神経は内分泌システムや免疫システムと密接に関連し、私たちの体の内部環境を一定に保っています。

私たちは自分の意志で、目の前にある物に手を伸ばし、触ることができます。これは、大脳皮質にある運動野が手を動かすよう命令を出しているからです。しかし、例えば、血圧や血糖値の調節や、寒い時に鳥肌が立つ現象は、自分の意思で起こすことはできません。

自分の意思で起こすことのできない不随意的機能を担うのが、自律神経と呼ばれる神経です。下図のように、自律神経は間脳や延髄、脊髄といった中枢から、臓器や血管、筋肉など体中の組織に広く行き渡っていて、体内のあらゆる環境変化をモニタリングしています。

自律神経はその働きから交感神経と副交感神経に分けられます。交感神経は闘争的、副交感神経は休息的と言われるように、両者は体内の組織に対して相反する作用を及ぼします。例えば、血糖値が下がったことが検知されると、交感神経の働きによって血糖値を上げるホルモン（グルカゴンやアドレナリン）が分泌されます。逆に血糖値が上昇した状態では、副交感神経の働きによってインスリンの分泌が促進され、血糖値が下がるのです。

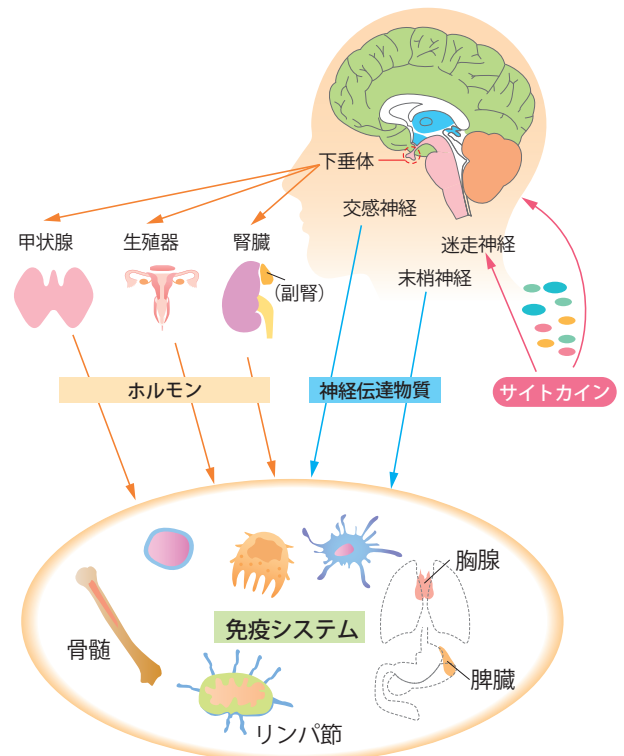
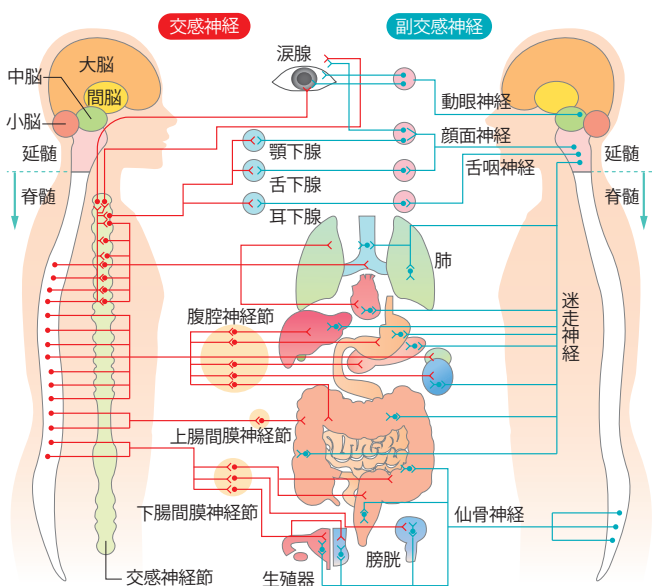
自律神経は、内分泌システムだけでなく、免疫のシステムとも密接に関わり合っていることが近年わかってきました。

細菌やウイルスが体内に侵入すると、それを感知した免疫細胞がサイトカインと呼ばれる化学物質を信号として発します。その信号は脳に直接届くほかに、炎症が起こっている場所に近い神経を刺激して、脳に病原体の侵入を知らせます。

病原体が体内から排除されると、今度は脳に届いた信号が副交感神経や内分泌システムを刺激します。免疫細胞の活動を抑える物質やホルモンの分泌によって、活性化した免疫システムを終息させるのです。免疫システムの恒常性を保つために、自律神経や内分泌システムがその調節を行っているのです。

このように、神経・内分泌・免疫の3つのシステムが互いに作用することによって、私たちの体の内部環境が一定に保たれています。

● 自律神経の分布



ヒトと他の哺乳動物の脳の違い

The Brain Difference between Humans and Other Mammals

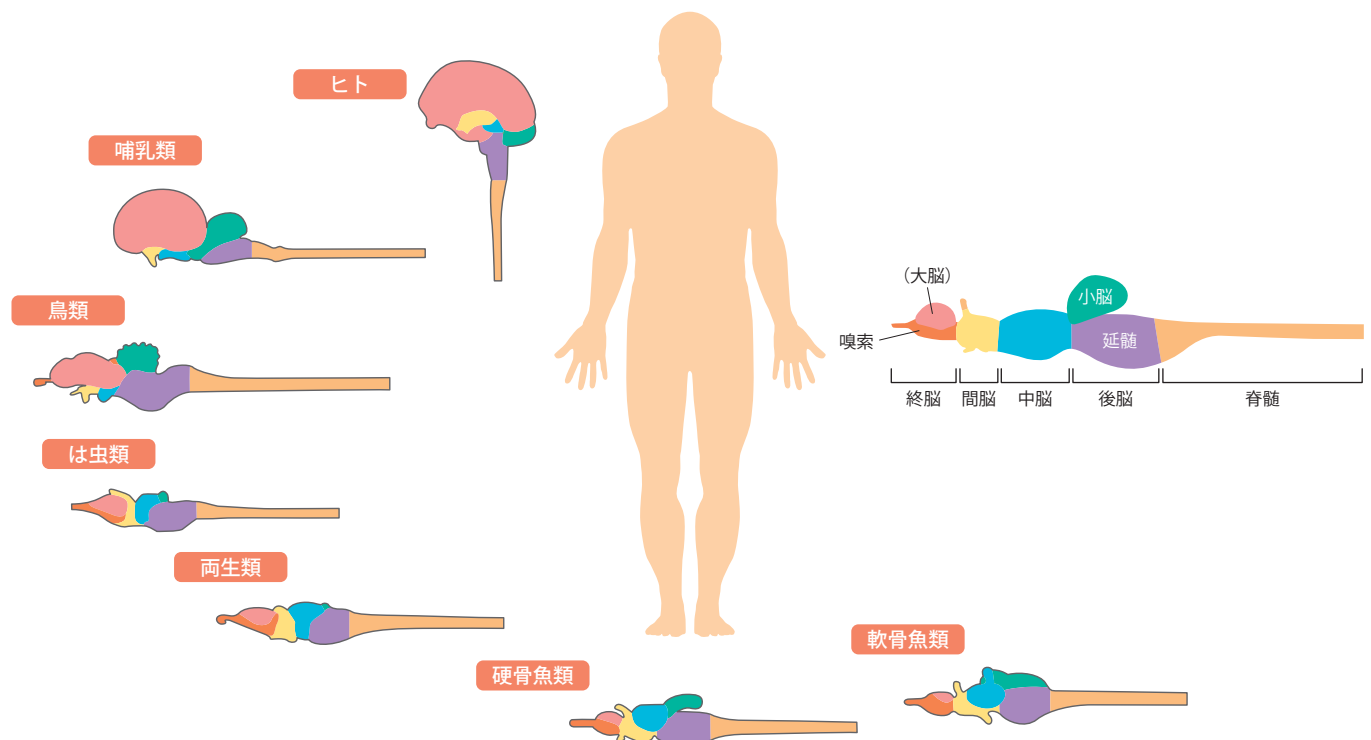
言葉でコミュニケーションしたり、他人が自分とは違う信念を持っていることを理解したりといった、ヒト特有の精神活動。ヒトとその他の動物を区別するものは何でしょうか？

解剖学教室教授で脳比較解剖学を専門とした小川^{ていぞう}鼎三(1901～1984)は、クジラ研究の大家でもありました。小川は著書『鯨の話』の中で、「クジラ山からヒト山を見る」、つまりクジラの脳とヒトの脳を比べることによって、ヒトの特性がわかると書いています。小川に習い、ここではマッコウクジラとヒト、そしてヒトに最も近い動物であるチンパンジーの脳を比較してみましょう。

一目でわかるのは、大きさの違いです。チンパンジー、ヒト、マッコウクジラの順に脳が大きくなっていくことがわかります。また重さに関しても、ヒトの脳が1.2～1.4 kgであるのに対して、チンパンジーの脳は0.3～0.4 kgと軽く、マッコウクジラの脳は約9 kgと非常に重いです。脳の大きさや重さは、ヒトとその他の動物の精神活動の違いを説明できそうにありません。

しかしこれら3種は体重が大きく違いますので、次に体重に対する脳の重さの割合を見てみましょう。すると、マッコウクジラが約0.2%、チンパンジーが約0.8%なのに対して、ヒトは約2%と高い値です。ただ、マウスではこの値が10%以上なので、体重に対する脳の重さの割合も、ヒトの精神活動が他の哺乳動物と異なることの原因にはなりません。

コミュニケーションのような高次の活動を担う大脳皮質中のニューロン(神経細胞)の数や性質に着目してみましょう。マッコウクジラでは正確な数はわかっていませんが、チンパンジーは約6200個、ヒトは約1万1500個と、ヒトは大脳皮質に比較的多くのニューロンを持っています。また、ヒトの大脳皮質における神経線維は他の哺乳動物よりも太く、電気信号を伝える速度が速いという特徴があります。情報処理が速いニューロンを大脳皮質にたくさん持っていることが、ヒト特有の精神活動の理由なのかもしれません。



提供：独立行政法人 理化学研究所 脳科学総合研究センター

動物の脳の標本展示

● マッコウクジラ



体長15～20m。歯鯨類中最大。主食はダイオウイカ。1雄多雌性。北緯50度と南緯50度の間の暖流域に分布。

● オランウータン



身長1.3～1.6m。体重40～100kg。老齢雄は単独、または雄とその子からなる家族群で生活する。妊期210～270日。スマトラとボルネオの森林に分布。

『鯨の話』



小川 鼎三 著

中央公論新社 1973年3月

脳解剖学の研究途上で、鯨の魅力に憑かれ、日本の鯨類に関する知識が初めて体系づけられた貴重な一冊。

著作

「脳の解剖学」「鯨の話」「医学の歴史」など。

東京大学医学部の脳の基礎研究の歴史

The history of brain research of The University of Tokyo

	<p>小川 鼎三 (おがわ ていぞう) 大正 15 年卒業 昭和 20 年 東京大学医学部教授</p>	<p>脳比較解剖学・医学史の大家で、日本の脳解剖と医学史の発展貢献。特に鯨類比較解剖学の権威であり「クジラ博士」とも通称された。「錐体外路系に関する研究」で第 41 回日本学士院賞 (昭和 26 年) を受賞。著書に、日本人の脳の詳細を解剖学と組織学の見地から記した『日本人の脳』がある。</p>	<p>解剖</p>	
	<p>時実 利彦 (ときざね としひこ) 昭和 9 年卒業 昭和 31 年 東京大学医学部教授</p>	<p>専門は、大脳生理学。東京大学脳研究施設の初代教授。実験脳生理学の手法を日本に導入、大脳皮質の活動水準を調節し行動に至る神経活動を電気生理学的に体系づけた。著書の『脳の話』(岩波新書)『目で見る脳』(東京大学出版会)は名著で、現在も読まれているロングセラーである。一般の人々に、「脳」について啓蒙した功績が大きい。</p>	<p>生理</p>	
	<p>内菌 耕二 (うちぞの こうじ) 昭和 16 年卒業 昭和 37 年 東京大学医学部教授</p>	<p>ユタ大学客員教授として最先端の医学に触れ、ワシントン大学では当時最先端技術の粋を結集した電子顕微鏡について学び、それをういた研究の手法を習得。「シナプスの機能と形態に関する研究」で第 67 回日本学士院賞 (昭和 52 年) を受賞。昭和 61 年勲二等旭日重光章受章。わが国のシナプス研究の草分けの一人。</p>	<p>生理</p>	
	<p>白木 博次 (しらき ひろつぐ) 昭和 16 年卒業 昭和 34 年 東京大学医学部教授 昭和 43 年 東京大学医学部長</p>	<p>白木神経病理研究所長。神経病理学の国際的権威。昭和 39 年 1 月、水俣病の原因がメチル水銀であることを確定する論文を発表、これが昭和 43 年 9 月の厚生省 (当時) による水俣病とメチル水銀化合物との因果関係の公式認定につながる。昭和 50 年、白木神経病理学研究所を主宰、患者の側にとって、スモン、水俣病、ワクチン禍の因果関係の解明などに取り組む。ワクチンによる健康被害の判定基準として、後に多くの裁判において採用される「白木四原則」を策定する。</p>	<p>病理</p>	
	<p>中井 準之助 (なか い じゅんのすけ) 昭和 20 年卒業 昭和 32 年 東京大学医学部教授 昭和 44 年 東京大学医学部長</p>	<p>神経一筋接合の成功などの業績により、昭和 51 年日本人初のアメリカ解剖学会名誉会員。神経と筋肉を同時培養し、世界で初めて神経一筋接合に成功。独特の放任主義が人材を育て、養老孟司教授、広川信隆教授を輩出した。</p>	<p>解剖</p>	
	<p>萬年 甫 (まんねん はじめ) 昭和 22 年卒業 昭和 34 年 東京大学医学部助教授</p>	<p>単一ニューロンとシナプス結合を解明した。多数の観察描写が有名である。神経の染色技術の歴史や神経学の歴史の著作がある</p>		<p>解剖</p>
	<p>大塚 正徳 (おおつか まさのり) 昭和 28 年卒業 昭和 40 年 東京大学医学部助教授</p>	<p>日本の薬理学者。神経伝達物質の研究で知られ、昭和 39 ~ 41 年のハーバード大学留学中、γ-アミノ酪酸 (GABA) が神経伝達物質として機能することを初めて証明した。また、昭和 46 ~ 58 年には、脳内ペプチドの一種 P 物質 (Substance P) が、神経伝達物質として機能することを明らかにした。「ペプチド性神経伝達物質、P 物質の研究」で第 73 回日本学士院賞 (昭和 58 年) を受賞。</p>	<p>薬理</p>	
	<p>伊藤 正男 (いとう まさお) 昭和 28 年卒業 昭和 45 年 東京大学医学部教授 昭和 61 年 東京大学医学部長</p>	<p>「小脳のプルキンエ細胞が抑制性に働く」ことを発見したことで知られる。「小脳の神経機構と運動学習の機序」で第 76 回日本学士院・恩賜賞 (昭和 61 年) を受賞。平成 8 年に文化勲章受章、日本国際賞を受賞。中公新書『脳の設計図』は、時実利彦の著書『脳の話』以降の名著である。</p>	<p>生理</p>	

監修：伊藤正男 (理化学研究所)、加我君孝 (国立病院機構東京医療センター)

伊藤正男先生に聞く～脳科学研究のこれまでと今～



インタビュアー 加我 君孝

『脳的设计図』



伊藤 正男 著

中央公論新社 1980年9月

今日発展の著しい大脳生理学の成果に立ち、単純な反射運動から、情動の報酬・罰系、運動や行動の中枢プログラム、言語と意識に至る問題を明快に解説し、脳とは何かに見事に答える。

『中枢は末梢の奴隷』



養老 孟司／島田 雅彦 著

朝日出版社1985年7月

東京大学医学部教授であった養老孟司の解剖学講義を、作家の島田雅彦が実際に受講し、インタビュー形式でまとめた興味深い一冊。

探りながら運動できるようになる ロボットを作り出す

Humanoid Robotics

鉄腕アトムのような「ヒト型ロボット (ヒューマノイド)」が社会で活躍することはロボット研究者たちの長年の夢です。最近、何度も試しては失敗することで「寝転がった状態から転がりを利用して起き上がるようになるロボット」が開発されました。

まじめで正義感にあふれ、ときに超人的な力を発揮する鉄腕アトム。アトムのようなヒューマノイドの開発は、2つの方向から進められてきました。1つは、ヒトのように立ったり、歩いたりできる装置の開発、もう1つは、ヒトのように学習し、判断できる人工知能の開発です。例えば、情報理工学系研究科の國吉らは、この2つの技術を融合させることで、「ヒトのように、失敗を重ねて動きをマスターするロボット」を開発しました。これが、身長150 cm、体重70 kgの「起き上がり全身運動ロボット」です。

このロボットは、寝転がった状態から転がりを利用して起き上がることができます。腕や肩の動く範囲などがヒトと近く、その動きは本当のヒトのようです。ただし、必ず起き上がるわけではなく、失敗もします。粘り強くトライするうちに、うまく起き上がるようになるのです。「さまざまな動きを何回も探索させたいうえで、どれかを実際にやらせる。失敗した場合には、その結果をフィードバックさせ、もう一度探索させて実行させる」といったことを繰り返させているからです。

私たちは何かに失敗すると「次は、ここをこういう風に変えたらいいのではないかなどと学習してやり直しますが、まさに同じような過程をたどっているといえます。

赤ちゃんの寝返りや、初めての歩行など、ヒトの動きには「探りながら適当にやりつづけ、次第にコツを覚える」といったものが多くあります。今回のような、探りながら運動できるようになるロボットは、胎児期を含めた赤ちゃんの運動系の発達を研究する対象としても期待されています。

● 起き上がり全身運動ロボット



● 起き上がり全身運動ロボットの「起き上がる」様子



提供：情報理工学系研究科

脳波測定体験



● Alpha Game 提供：(株)フィジオテック

α 波を測定し、 α 波のレベルを車の走行スピードに反映します。
測定時間は約5～10分ほどかかります。

脳波とは

脳神経細胞の活動に伴う電位変化を、頭皮上に接着した電極によって導出記録したものを、脳波といいます。脳波には、基本波・背景波・突発波に分類され、基本波は、 α 波・ β 波・ θ 波・ δ 波に分類されます。

● α 波 (alpha wave)

基本的脳波のパターンのひとつで、安静・覚醒・閉眼時に出現します。

● β 波 (beta wave)

α 波が出現している状態で開眼するか、あるいは閉眼のまま精神作業(暗算など)を始めると α 波にかわって出現するので、脳が活動している時の脳波パターンと考えられます。

● θ 波 (theta wave)

成人では普通、入眠期に低振幅の θ 波が現れるのみですが、小児では不快・落胆などの動きと関係して覚醒中比較的容易に表れます。最近になり、成人でも座禅・瞑想・種々の精神作業中などに出現する場合があることが知られるようになりました。

● δ 波 (delta wave)

正常成人では深睡眠時のみに出現します。

シナプスにある「小さなトゲ(スパイン)」が、記憶の鍵を握る

Spine Synapses Play a Key Role in the Memory

ヒトの脳には100億個以上のニューロンがあり、それぞれがシナプスでつながることで複雑な神経回路として働きます。大脳皮質のニューロンのシナプスには小さなトゲ(スパイン)があり、その大きさや形の変化が学習や記憶と深く関わっていることがわかってきました。

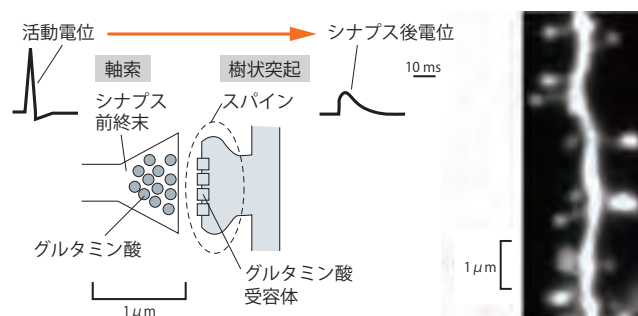
私たちは普段、無意識のうちにさまざまなことを考え、記憶し、行動しています。こうした高いレベルの脳機能(高次機能)は、大脳皮質の神経回路によるものです。回路を伝わる情報は、シナプスを介して「前側のニューロン」から「後側のニューロン」へと送られます。高次機能をつかさどる大脳皮質には、「錐体細胞」という特別なニューロンがあります。このニューロンのシナプスには小さなトゲのような構造(スパイン)がたくさんあり、ここから情報を受け取ることが知られていました。

ごく最近、「2光子励起法」という特殊な観察方法が開発され、スパインを一つずつ調べることができるようになりました。医学系研究科の河西らは、個々のスパインを詳しく観察し、いずれもが1 μ m(マイクロメートル)に満たないほど小さく、「頭のような部位」と「首のような部位」からなることを明らかにしました。興味深いことに、それぞれのスパインは実にさまざまな形をしており、頭の大きさには100倍もの違いが、首の太さには1000倍もの違いがみられました。

動物を用いてさらに詳しく調べたところ、スパインには記憶を保持する「メモリー機能」があることがわかりました。また、できたばかりの小さなスパインは繰り返される学習によって大きくなること、頭が大きいスパインほど神経伝達物質をたくさん受け取ること、大きなスパインは高精度のメモリー機能を果たすこと、なども明らかになりました。

精神疾患や認知症では、スパインの形や密度に異常があると報告されており、スパインは脳科学における世界的な研究テーマとなりつつあります。

● 2光子励起顕微鏡でとらえたスパイン

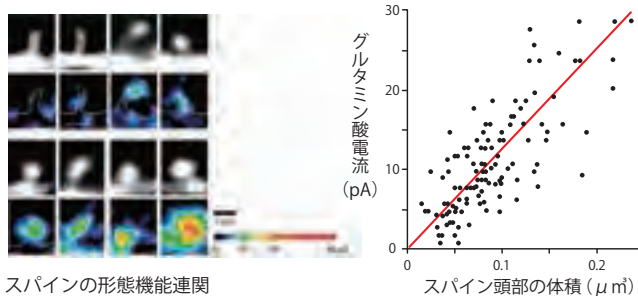


軸索と樹状突起の接合部はシナプスと呼ばれる。活動電位が軸索の終末に届くと神経伝達物質が放出され、樹状突起の受容体がこれを受けて、シナプス後電位に変える。とくに大脳錐体細胞の興奮性シナプスの場合、神経伝達物質はグルタミン酸で、樹状突起からはスパインと呼ばれる棘構造がシナプスを受ける。

● 学習に応じて、形を変えていくスパインの様子



● 頭部の大きさと電流の相関グラフ



スパインの形態機能連関
スパイン頭部の体積とグルタミン酸電流はよく相関する。

提供：疾患生命工学センター

2光子励起法を使って、 ニューロンの活動を生きたまま観察

Two-Photon Imaging of Neuronal Activities *in vivo*

私たちは、外界の情報を脳で適切に処理することで、滞りなく生活しています。脳内では、神経回路に組み込まれた膨大な数のニューロンが、時々刻々と活動のレベルや形を変化させ、情報の伝達、保持、消去などを行っています。最先端の技術によって、その様子が生きたまま観察できるようになっています。

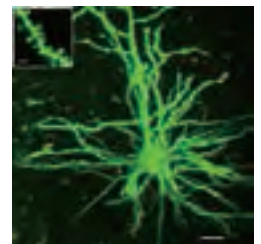
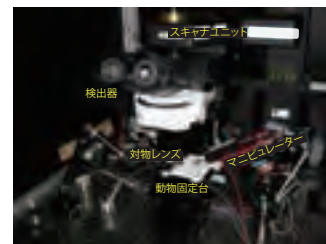
ニューロンの活動を調べるには、活動している状態(つまり生きたまま)の脳を観察する必要がありますが、これまでは、麻酔した動物の頭蓋骨の一部に穴をあけてそこから電極を脳内に差し込んで記録するか、脳を取り出してスライスを作り、その中の神経細胞から記録するのが主流でした。ところが最近、「2光子励起法」という画期的な観察方法が開発され、頭蓋骨を開けずにニューロンやシナプスの様子を調べられるようになりました。「ある一つの光る分子(蛍光分子)」に、「ごく短いパルス状の光」をあてることで、マウスなどの脳の表面から深さ1 mmほどの部位にあるニューロンやシナプスのふるまいを、直接観察できるようになったのです。ちなみに、マウスでは、大脳皮質の厚みがちょうど1 mmなので、大脳のニューロンすべてを観察できることになります。

この手法によって、興味深い現象が次々と明らかにされています。たとえば、医学系研究科の狩野らは、マウスの小脳のプルキンエ細胞の樹状突起の活動を観察して、情報を細かく調節するしくみがあることを突き止めました。プルキンエ細胞の樹状突起は、ほ乳類で見られる樹状突起のなかで最も複雑かつ精緻であることが知られ、協調して身体を動かす機能など関わっているとされています。今のところ、こうした観察は麻酔したうえで行われていますが、覚醒した状態で可能になれば、さらに多くのことが明らかになると期待されます。

さらにマウスにおいて、次のことも明らかにしました。生後2~3日目のプルキンエ細胞は複数の神経線維(登上線維)からシナプスを介して情報を受け取っていました(多重支配)。ところがその後、強くなった線維だけが樹状突起に移動し、生後15日目

には「勝ち残った、ただ1本の線維」からのみ情報を受け取るようになりました。この間、弱い線維とそれに由来するシナプスはともに除去されました。このように、発達過程で必要なシナプス結合を強くして残し、不必要なシナプス結合は除去することで、神経回路はうまく働くようになるのだと考えられます。

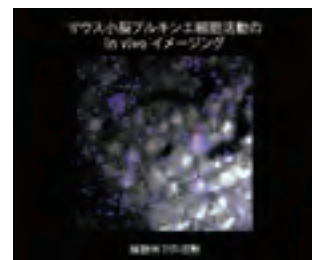
● 2光子励起顕微鏡と大脳皮質ニューロン



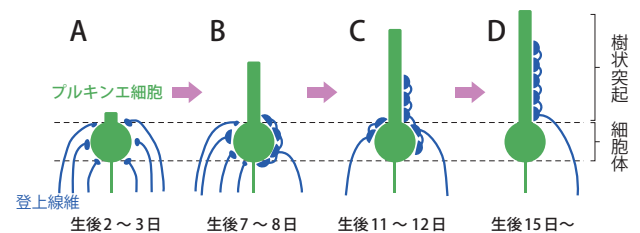
In vivo 2光子励起顕微鏡 実際の装置例

大脳皮質ニューロン

● 小脳プルキンエ細胞の活動



● プルキンエ細胞の成熟に伴い、 1本の登上線維のみが選択されていく様子



生後2~3日前後のプルキンエ細胞は、比較的同等なシナプス強度をもつ登上線維により多重支配されている(A)が、生後7~8日目までに、1本の登上線維が選択的に強化される(B)。その後、強化された登上線維のみが樹状突起に移動し(C)、最終的に細胞体周辺のシナプスは、過剰な登上線維とともに生後15日までに除去される(D)。

提供：神経生理学

失った手足が痛む状態を、錯視を使って治療する

Mirror Box Therapy

日本で交通事故などで手足を失う人は、年間5000人に上ります。こうした患者さんの中には、失った手足がまだ存在するように感じて激しく痛む「幻肢痛」^{げんしつう}に悩まされる人がいます。鏡を用いて視覚をだまし、脳内の自分の体に対するイメージを変えることで痛みをやわらげる治療が試みられています。

脳では、特定の機能を司る回路が、特定の場所に存在しています。このことを「機能局在」といいますが、手足とともに末梢神経が切断された患者さんは、機能局在が変化してしまい、「脳内の自分の体に対するイメージ」が障害されてしまうと考えられています。幻肢痛は、こうしたイメージの障害が誘発するものだと解釈されています。

幻肢痛に対しては、一般的な痛み止めは効果がなく、モルヒネなどの麻薬性の鎮痛薬もあまり効きません。医学部附属病院の住谷らは、「脳がもつ自分の体に対するイメージ」を正常に戻せば痛みも治まるのではないかと考え、「ミラー治療」という鏡を用いた治療を試みています。

方法は簡単です。まず、残った手足を鏡に映します。次に、常に鏡の中の手足を見て、それを

動かすイメージをもちながら、残った手足を動かします。単に鏡を見るのではなく、鏡の中の手足を動かすことに集中するのがポイントです。こうした運動を1日数回、それぞれ10分ほど続けると、失った手足が動く感覚（運動感覚）があらわれ、3週間を過ぎるころから痛みが少しずつ軽減していきます。住谷らの治療では、22人中15人に治療効果がみられました。

ミラー治療は、鏡に映った四肢を見続けることで、「ないはずの四肢」を「脳にとって正常な四肢」におきかえる治療だといえます。目の錯覚、すなわち錯視によって脳をだましているのです。この治療法は幻肢痛だけでなく、片方の手足に異常な痛みが出る脳梗塞の後遺症、脊髄損傷、末梢神経損傷などの患者さんにも適用されています。

● ミラー療法を行っている様子



ヒトにそっくりのアンドロイドが、患者さんの心をやわらげる

Patient Care by Android

2010年11月、医学部附属病院の外来診察室に、「女性を模したアンドロイド」が導入されました。アンドロイドの存在によって、痛みの治療に効果があるかどうかを確かめるのが目的です。

アンドロイドとは、外見、動作、会話などをヒトに似せたロボットのことで、導入されたアンドロイドには、体全体に細いチューブが内蔵されており、そこから空気を出したり入れたりすることで、動きや表情を変化させることができます。まばたきや眉間にしわを寄せたりするしぐさも、まさにヒトのようです。

医学部附属病院の住谷らは、このアンドロイドを、普段、看護師が立ち会うことのない外来の診察で使ってみました。被験者の患者さんは、長年、腰の痛みで苦しんでいる60代の男性です。アンドロイドは患者さんと向かい合う住谷の後ろに立たせ、工学系研究者が別室で遠隔操作します。アンドロイドの声を演じるのも、その工学系研究者です。患者さんは、自分の話に耳を傾け、対話してくれるアンドロイドに心がなごんだといいます。痛みの治療としても、一定の効果が得られました。

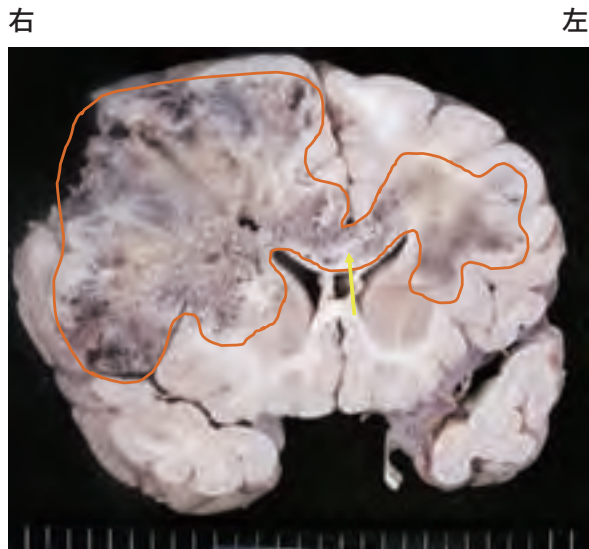
このアンドロイドを開発したのは、大阪大学の石黒教授たちの研究チームです。石黒教授は、ヒトの脳が「ヒトらしさ」に敏感に反応することに注目し、自然な動きや表情にとくに重点をおいて開発を行いました。アンドロイドは病院だけでなく、教育現場、高齢者の介護やカウンセリングなどにおいても、活躍すると期待されています。

将来は、アンドロイド自身が認識や判断をして、対話や動作が行えるようになるとよいのですが、現状の「キーワードを認識して、会話パターンを選ぶ手法」では、会話が噛み合わないことがしばしばです。そのため、プログラムに頼るのではなく、試行や探索を繰り返すことで「自ら学習できるロボット」の開発も進められています。

● 患者さん、医師、アンドロイドの間のやりとりの様子



提供：麻酔学



● 脳腫瘍 (膠芽腫)^{こうがしゅ}

疾患概説

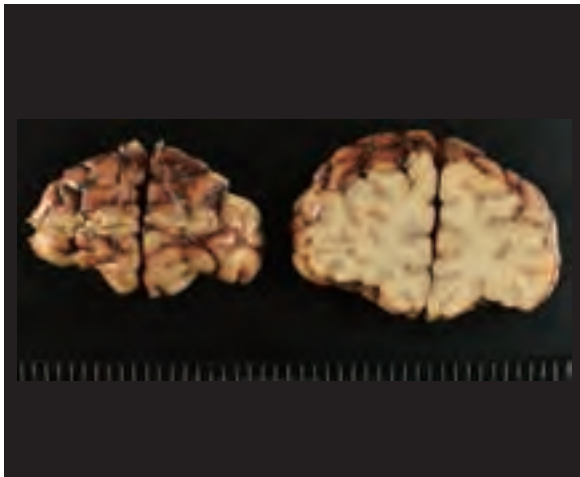
膠芽腫は神経膠腫の中で最も分化度が低く、最も予後の悪い腫瘍である。成人の大半球(前頭葉、側頭葉、頭頂葉の順に多い)に多くは発生する。原発性脳腫瘍の9%、全神経膠腫の35%、小児脳腫瘍の3.5%を占める。全年齢層に発生するが、45～70歳代に多い。数週～数カ月の比較的短い経過で頭痛、嘔吐、人格の変化などの症状が進行し、死に至る。

症例解説

60歳代女性症例。

標本は、脳の冠状断(前額断) 剖面である。右大半球を中心として、大きな壊死巣、出血巣を伴う腫瘍である。境界は不明瞭。腫瘍は脳梁(矢印)を介して対側大半球へ進展している。

脳の冠状断面



脳表にくも膜下出血が見られる

● 脳出血

疾患概説

脳の血管が破れて出血したもの。脳出血の場所は大半球が85%、小脳が10%、橋が5%である。

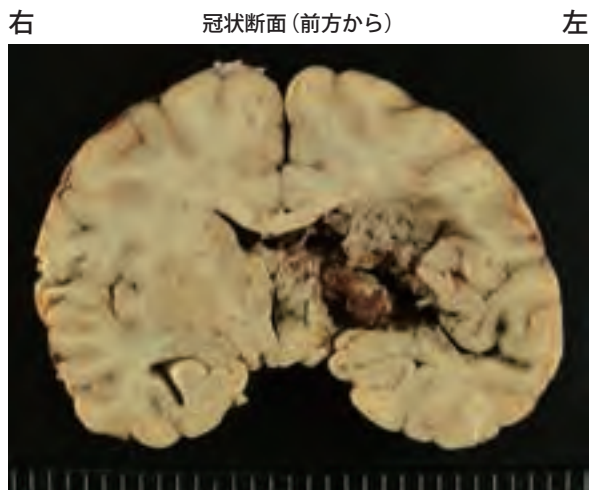
脳表面のクモ膜と軟膜の間に出血をおこした場合にはクモ膜下出血と呼ばれる。症状は、頭痛、めまい、嘔吐、意識障害などである。高血圧、脳動脈瘤、脳動静脈奇形などが原因となる。CT検査やMRI検査により、出血の場所や大きさを確定診断する。治療は、出血が軽度の場合は、止血剤、降圧剤、抗脳浮腫剤を投与するが、出血が高度の場合には、手術による血腫除去が必要である。

症例解説

60歳代男性症例。左被殻出血の臨床診断で発症から約半日で死亡した。

標本は、脳の冠状断剖面2片。

こちらの標本は、前頭葉脳表にくも膜下出血が確認される。



症例解説

こちらの標本は、被殻を含む剖面を後方から見たもの。

被殻を中心として尾状核、淡蒼球に出血が及び、左側脳室に^{せんぼ}穿破している。

神経細胞が変性し、ドーパミンが不足して起きるパーキンソン病

Neurodegenerative Disease

日本人の1000人に1人※が発症する脳の病気に、パーキンソン病があります。ドーパミンという神経伝達物質を分泌する神経細胞が異常になり、情報がうまく伝わらなくなるために、さまざまな運動障害が引き起こされます。50～60代で発症することが多く、次第に進行していく難病です。

※高齢になると100人に1人といわれています。

運動機能が異常になるパーキンソン病

パーキンソン病には、特徴的な症状として、「何もしていないときに手足が震える(振戦)」、「筋肉がこわばり、動作がぎこちなくなる(筋固縮)」、「動きが遅くなり、細かい作業がしにくくなる(無動)」、「バランスがとりづらくなり、転びやすくなる(姿勢反射障害)」という4つの特徴的な症状があります。症状の出方に個人差はあるものの、根治することはなく、少しずつ進行していきます。ほかにも、便秘、排尿障害、睡眠障害、抑うつといった症状がみられます。

疑わしい場合には、専門医のいる神経内科などで、血液や髄液の検査、X線CTやMRIなどの脳画像検査を受けましょう。検査の結果、パーキンソン病だと思われる場合には、重症度を見極めたうえで、治療が始まります。

パーキンソン病のさまざまな症状

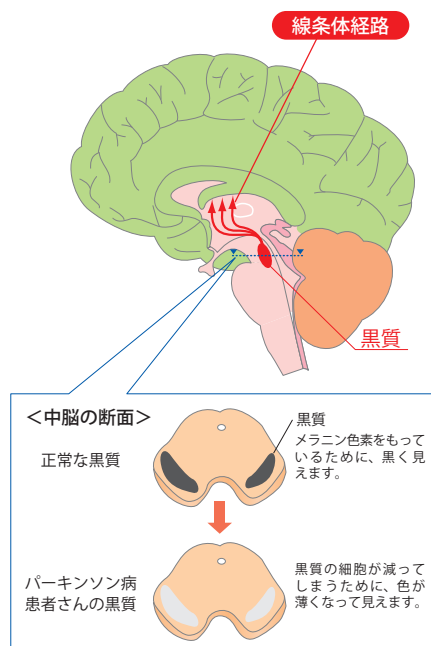
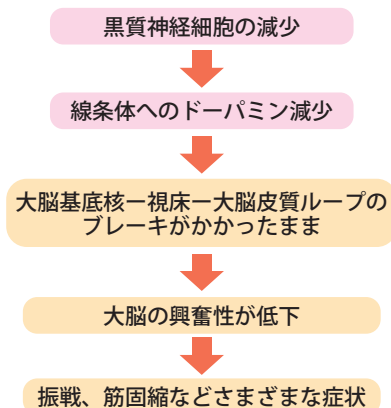
振戦 <small>しんせん</small>	手足がふるえる
筋固縮	筋肉がこわばる
無動	動きが遅くなる
姿勢反射障害	バランスが悪くなる 転びやすい

パーキンソン病のその他の症状(非運動症状)

自律神経症状	便秘 排尿障害 起立性低血圧
精神症状	不安神経症・抑うつ 認知症(進行期)
その他	仮面様顔貌 単調で抑揚のない話し方 前屈姿勢

パーキンソン病の発症機序

パーキンソン病のくわしい発症メカニズムはわかっていません。中脳の黒質という部位の神経細胞が異常になることでドーパミンが不足し、相対的にアセチルコリンという別の伝達物質が増えてしまうことが関与しているとされています。



神経細胞が変性し、ドーパミンが不足して起きるパーキンソン病

パーキンソン病の治療

治療には、運動やリハビリテーション、休養といった一般的な治療に加え、薬物療法と脳深部刺激療法があります。パーキンソン病の患者さんにとっては、治療や介護サービスなどをうまく組み合わせることで、いかにして症状をコントロールするかが、最も重要です。

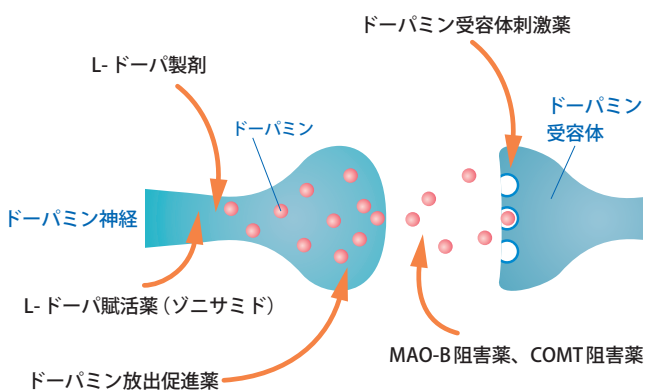
● 運動療法やリハビリテーション

● 薬物療法

ドーパミンの量を増やすもの（L-ドーパ製剤）、ドーパミンを受け取る受容体を活性化させるもの（ドーパミン受容体刺激薬）、合成を促進させるもの（ドーパミン放出促進薬）などがあり、組み合わせて用いられます。

最近、「ゾニサミド」というてんかんの薬に、パーキンソン病の症状をやわらげる効果があることがわかりました。L-ドーパ製剤と併用することで、減少したドーパミンの量を増やし、患者さんが何も動作をしない時間（オフ時）の状態を改善するとされます。

● パーキンソン病の薬剤の作用メカニズム



● パーキンソン病の薬として使われている主なもの

● L-ドーパ製剤

ドーパミンの前駆物質。不足しているドーパミンを補う。

● ドーパミン受容体刺激薬

ドーパミンの受容体に作用してドーパミンと同様の効果を出す。

● ドーパミン放出促進薬

ドーパミンを出す神経を刺激して分泌を促す。

● 抗コリン剤

ドーパミンが不足してバランスがくずれ、優位となったアセチルコリンを抑える。精神症状の誘発や便秘の悪化、イレウスの発生に注意する。

● ノルアドレナリン補充薬

ドーパミンの前駆物質とするノルアドレナリンの不足を補充する。
起立性低血圧などに用いられる。

● MAO-B 阻害薬、COMT 阻害薬

ドーパミンの分解を阻害し、ドーパミンのドーパミン神経への再取込を阻害し、効果を持続させ、血中濃度の急峻な変化を和らげる。

引用：ウェブサイト「脳プロブレム！.jp」

● 脳深部刺激療法

脳の黒質に電極を、胸部にペースメーカーを植え込み、ドーパミンのかわりとなる電気信号を人工的に流すというもので、患者さん自身が体外のリモコンでスイッチをオンにしたりオフにしたりできます。電気信号が流れると、振戦などの不随意的な運動が抑えられ、生活の質を向上させることが期待できます。薬物療法の副作用が強い場合や、薬の効果が不安定になりやすい進行期に有効です。

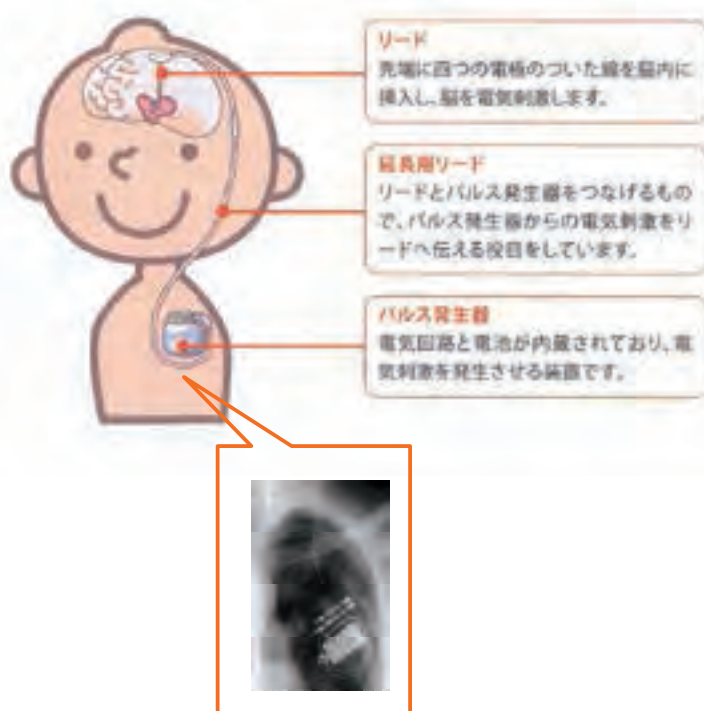
脳深部刺激療法 (Deep Brain Stimulation: DBS)



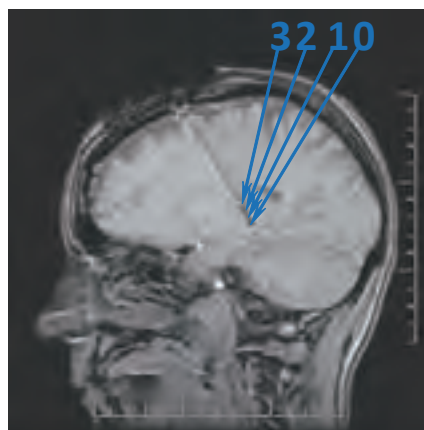
● 脳深部刺激療法 (DBS) の特徴

- ① 薬で十分な効果が得られない振戦（ふるえ）の改善が期待できます。
- ② 薬の効いている「オン」時間（動ける時間）の改善が期待できます。
- ③ 医師が病状に合わせて刺激の強さを侵襲無しに調整できます。
- ④ 手術による合併症（脳内出血、感染症）や手術後の副作用（圧迫、ひきつれ感、不快感、手術部位での痛み、機器のアレルギー）、刺激による副作用（うずくような感覚、めまい、こわばり、しびれ、視覚障害、話しにくくなる）が出ることがあります。
- ⑤ L- DOPAの長期使用による副作用や、内服の効果に変動がでてしまうような進行期の場合に改善が期待できます。

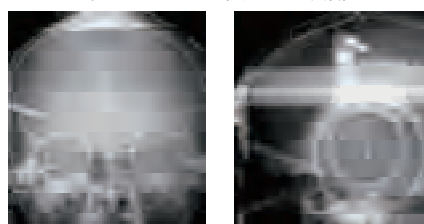
下の図に示したような医療機器を体内に植込みます。



DBS電極をいれた状態の頭部MRI



DBS電極をいれた状態の頭部レントゲン写真



血管が詰まったり破れたりすると、脳にどのような異常が起きるのか？

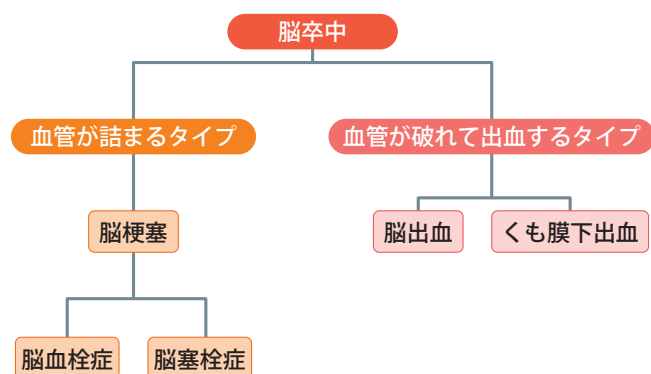
Cerebral Stroke

ヒトの脳には、1000億以上のニューロン（神経細胞）があると考えられています。これらが脳の機能を発揮できるのは、脳内の血管を通じて、絶えず酸素や栄養分が供給されているからです。そのため、血流が途絶えるような事態が起きると、脳には回復不可能なダメージが生じてしまいます。

脳内の血管が詰まったり破れたりする病気を、総称して「脳卒中」といいます。脳卒中はさらに、血管が詰まることで血流が途絶える「脳梗塞」と、血管が破れて出血する「脳出血」や「くも膜下出血」とに分けられます。いずれにしても、詰まったり、破れたりした血管の先に血液が届かなくなり、血流が途絶えた部位の神経細胞が死に至ります。障害された部位によって、急に倒れて意識を失う、麻痺が出る、ろれつが回らなくなる、言葉が出てこない、といったさまざまな症状が引き起こされます。

脳卒中の主な要因は、脳内の血管壁が硬くもろくなってしまう動脈硬化にあります。動脈硬化は加齢とともに進み、とくに、高血圧、脂質異常症、糖尿病、心臓病などを放っておいた場合に急激に進むことが知られています。また、飲酒、たばこ、運動不足、肥満などの生活習慣も危険因子になります。

● 脳卒中の分類



血管が詰まる脳梗塞

厚生労働省によると、脳梗塞は脳卒中による死亡の約60%を占めるとされています。脳の血管が詰まる脳梗塞は、次の3つのタイプに分けられます。

1. アテローム血栓性脳梗塞

血管の内側にコレステロールの塊（アテローム）ができ、そこに血小板が集まって血管を塞いでしまうもの。血中のコレステロールの値が高い脂質異常症の患者に多くみられます。

2. ラクナ梗塞

脳の細い血管に動脈硬化がおき、詰まってしまうもの。

3. 心原性脳塞栓症

心臓の動脈にできた血の塊（血栓）が脳まで運ばれ、脳の血管をふさいでしまうもの。心筋梗塞を起こしたことのある患者さんに多くみられます。

血管が破れる脳出血とくも膜下出血

脳出血は、その名の通り、脳内の血管が破れて出血し、その周囲の神経細胞が死んでしまう病気です。加齢によって血管がもろくなったり、高血圧や糖尿病を放っておいたりした場合に発症しやすくなります。脳出血は、脳卒中による死亡の約25%を占めるとされています。

一方のくも膜下出血は、脳を覆う三層の膜（内側から、軟膜、くも膜、硬膜といいます）のうち、軟膜とくも膜の間にできた動脈のこぶ（動脈瘤）がやぶれてしまい、膜の間にあふれた血液が脳全体を圧迫してしまう病気です。加齢や生活習慣病によるもののほかに、生まれつきの動脈や静脈の奇形が原因となる場合もあります。突然、経験したことのない激しい頭痛、嘔吐、けいれん、意識消失などが起きるのが特徴です。脳卒中による死亡の約10%を占めるとされます。

血管が詰まったり破れたりすると、脳にどのような異常が起きるのか？

● 脳卒中による主な症状



片麻痺

一般に片方の脳が障害されると、反対側の半身が麻痺する



失語

ことばが出てこない、他人の言うことが理解できない



半側空間無視

見えているはずなのに左側（ときに右側）の物を無視する



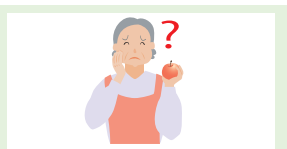
同名半盲

両方の眼の同じ側の視野が欠ける



失行

いつも行っている動作ができない



失認

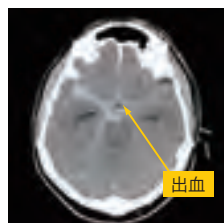
よく知っているはずの物や人の顔が認識できない

診断、治療、予防

脳卒中を予感させる症状が出たら、迅速に診断・治療するのが重要です。X線CT（コンピューター断層撮影）、MRI（核磁気共鳴診断）、MRA（磁気共鳴血管造影法）などを用いて、脳の状態を画像に映し出し、どの部位にどのような異常がみられるかを調べます。

その後、状態に応じて、「血栓を溶かしたり、できにくくする薬」や「脳の腫れをおさえる薬」の投与、「動脈の内腔を広げる手術」、「出血を止めたり、血液の塊を取り除く開頭手術」などが行われます。治療が済んだら、早いうちから、機能を回復させるためのリハビリが始まります。

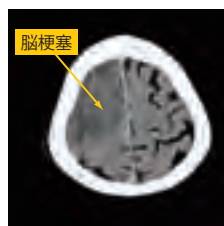
脳卒中は、生死に関わり、重い後遺症を残しかねない恐ろしい病気です。発症を予防するために、塩分を摂りすぎない、高血圧を防ぐ、大量に飲酒しない、禁煙する、適度な運動をして肥満を防ぐ、糖尿病や心臓病をきちんと治療する、といったことを心がけましょう。



● くも膜下出血のCT画像

50代女性

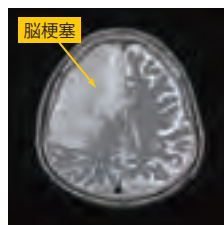
- 脳の底部付近の脳脊髄液腔（くも膜下腔）が、正常と異なり白くなっている。出血成分の貯留を表す。
- 別の検査で、動脈瘤の破裂による出血であったことが確認されている。



● 脳梗塞のCT画像

80代男性

- 発症翌日のCT。
- 脳組織の一部（右前頭葉から頭頂葉にかけて）が、周囲に比べ黒く描出される。反対側に比べ、脳のしわ（脳溝）が不明瞭で、梗塞に陥った脳組織の腫脹を表している。

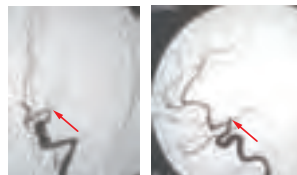


● 脳梗塞のMRI画像

- 上の80代男性のCTと同一症例
- 発症翌日のMRI T2強調像。
- CTで見られる脳梗塞は、MRIのT2強調像では周囲の脳組織に比べ、白く認められる。

提供：放射線科・放射線部

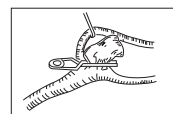
● 脳梗塞の血管撮影



矢印部分で中大脳動脈が閉塞している。そこから先の血管が描出されていないので広範囲な脳梗塞が引き起こされる。

写真左：左脳を前から見た図
写真右：左側から見た図

● 脳動脈瘤のクリッピング術



クリッピング

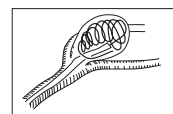


術前

術後

内頸動脈から左方に動脈瘤が突出している。一部壁が薄くなっているところがあり、治療せずに放置しておくで破裂する危険性が高いと思われる。根元にクリップがかけられ、動脈瘤は閉塞されている。

● 脳動脈瘤のコイル塞栓術



コイルング



術前

術後

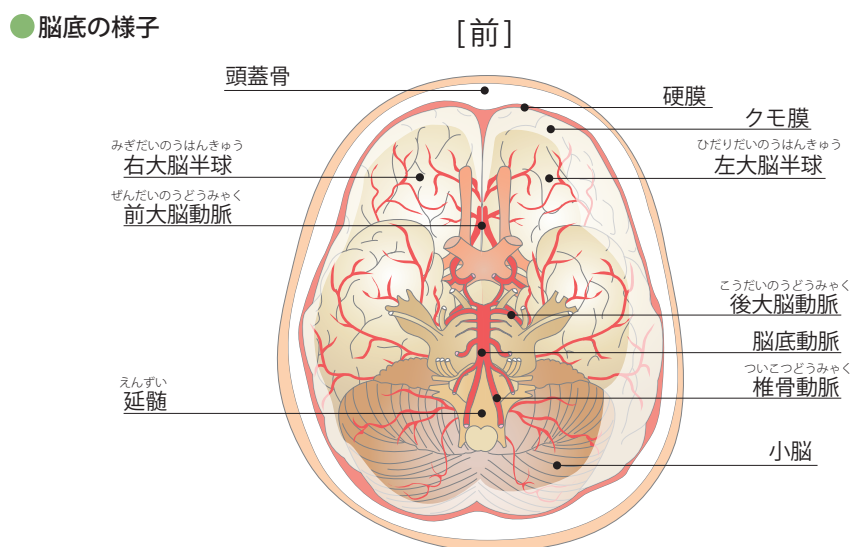
脳動脈瘤に対し血管の内側からコイルを詰めることで、瘤への血流を遮断し、破裂を防ぐ。治療前に動脈の分岐部に見られた動脈瘤は、コイルによって描出されなくなっている。

提供：脳神経外科学

外傷によって、 脳はどのような損傷を受けるのか？

Brain Injury

脳は、ヒトの身体の中で最も水分の多い組織です。その割合は85%にも達し、脳はしばしば「豆腐」に例えられます。柔らかく、壊れやすい脳組織は硬い頭蓋骨によって保護されていますが、外部から大きな衝撃を受けると、出血、脳組織の損傷や膨張、頭蓋骨内の圧力の亢進などが起き、死を免れないこともあります。



脳外傷の種類

頭部に大きな力が加わって障害が起きることを「頭部外傷」と総称します。頭部外傷の約70%は交通事故によって引き起こされており、頭部外傷は交通事故死の最大の要因となっています。

頭部外傷を症状だけで分類すると、およそ以下の4つに分けられます。

第1型 単純型(無症状型)

意識障害や神経症状など、脳損傷の症状を全く伴わない。

第2型 脳振盪型

一時的な意識障害がみられるが、受傷後6時間以内に消失する。脳損傷はないが、頭痛、嘔吐、めまいなどが数日続くことがある。

第3型 脳挫傷型

受傷後6時間以上にわたって意識障害がみられるか、脳損傷の症候がある。

第4型 頭蓋内出血型

受傷直後にははっきりしていた意識が、あるときから急激に障害される。あるいは意識障害が進行し、脳浮腫や血腫による脳ヘルニア(頭蓋内圧の亢進)の徴候を示す。

緊急を要する検査と治療

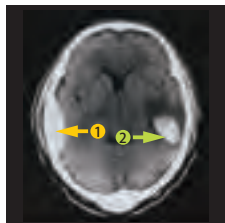
深刻な頭部外傷には、頭蓋骨骨折、脳挫傷、外傷性くも膜下出血、急性硬膜外血腫、急性脳内血腫などがあります。いずれも、全身状態と損傷の程度を把握し、呼吸管理や静脈確保をしたうえで、ただちに検査と治療を行う必要があります。

X線CTやMRIによって脳内の状態を調べ、比較的軽症と診断された場合には、安静を保ち、薬物による治療が行われます。重症の血腫や出血、脳ヘルニアに対しては、頭蓋内圧の上昇や腫れを抑える薬、けいれんを止める薬などを投与したうえで、開頭手術が必要となります。

高度な救命医療によって一命をとりとめても、自発呼吸がある他は、意思疎通が全くできず、自力で動いたり、食べ物を食べたりすることもできない状態(外傷後遷延性意識障害、いわゆる植物状態)に陥る場合もあります。

また、きわめて深刻な脳損傷であると診断され、深い昏睡、無呼吸、瞳孔拡大などの状態がつづき、可能な限りの治療をもってしても回復が望めない場合には、脳死判定基準に従って脳死と判定されます。

外傷によって、 脳はどのような損傷を受けるのか？



● 急性硬膜外血腫のCT画像

- 頭蓋骨と脳組織の間に、凸レンズ状の血腫が白く描出されている。(1)
- 受傷後しばらく意識障害がなく、その後急激に意識レベルが低下する症例がある。
- 外傷の直撃損傷として急性硬膜外血腫が生じる。後述の脳挫傷は、対側損傷として反対側に生じやすい。(2)



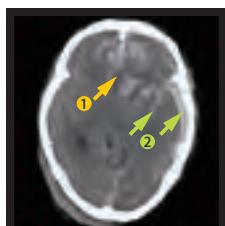
● 急性硬膜下血腫のCT画像

- 頭蓋骨と脳組織の間に、三日月状の血腫が白く描出されている。
- 急性硬膜外血腫とは違い、意識障害が受傷直後からあることが多い。
- 高齢者男性では、急性期には出血がなくとも、1～3か月して徐々に出血がたまる慢性硬膜下血腫が起こりうる。頭痛、運動麻痺や言語障害、進行性痴呆などで発症する。



● 外傷性くも膜下出血のCT画像

- 脳表のくも膜下腔に出血するため、広範囲に薄く広がる。
- 外傷性くも膜下出血だけでは、運動麻痺などの局所症状を来たしにくい。
- 患者に受傷時の記憶がなく、外傷もはっきりしない場合には、脳動脈瘤破裂によるくも膜下出血との鑑別が重要になる。



● 脳挫傷のCT画像

- 脳組織が挫滅して血が滲み出るので、まだら状の出血になりやすい。(1)
- 脳組織の損傷があるため、けいれんを来たししやすい。
- 重症例では、急性硬膜下血腫や外傷性くも膜下出血と合併して起こることが多い。(2)

提供：脳神経外科学

● 脳死判定基準

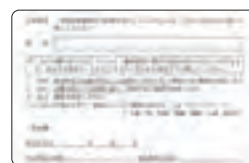
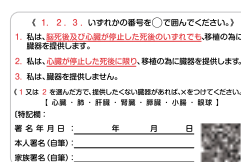
脳死は、専門的には深昏睡・両側瞳孔散大固定・脳幹反射消失・平坦脳波・無呼吸の確認を、時間をおいて繰り返して行い、慎重に判定されます。現在は、自分自身の心臓死(従来の死)・脳死後の臓器提供の意思表示を、被保険者証や運転免許証の裏面でも行っておくことが可能です。平成22年に臓器移植法の一部改正が行われ、親族への優先的な提供、15歳未満からの臓器提供が可能になりました。また本人の意思が不明な場合でも、ご家族の承諾があれば臓器提供できるようになりました。



(表)

臓器提供意思表示カード

(裏)



被保険者証

(裏)

リハビリテーションと後遺症

受傷後3週間以上が経っても残っている、あるいは新たに発症する症状を後遺症といいます。身体的な後遺症には、手足の麻痺、歩行障害、感覚麻痺、頭痛、めまいなどがあります。手足の麻痺や歩行障害に対しては、その患者さんに適したリハビリテーションを早いうちに始め、継続することが重要になります。

リハビリテーションによって、手足の運動障害や感覚の麻痺は回復したものの、学習や記憶の障害、コミュニケーション障害、情緒不安定、判断力の低下、性格変化などの障害(高次脳機能障害)がみられ、社会生活に復帰できない例もあります。高次脳機能障害の患者さんは、一見したところでは日常生活に支障がないようにみえることから「見えざる障害」などともいわれています。高次脳機能障害の社会的な認知度は低く、訓練や支援プログラムを充実させること、職場や学校などの理解を深めることが求められています。

脳には、どのような腫瘍ができるのか？

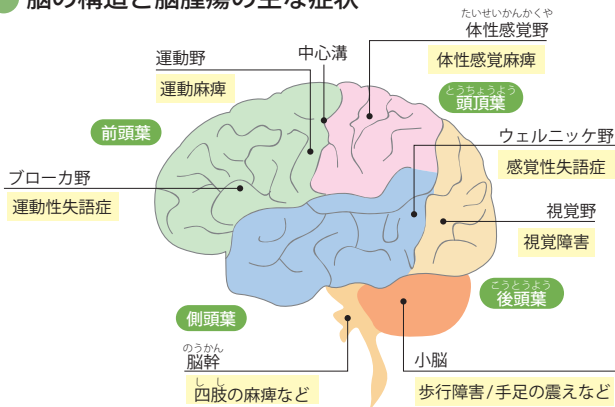
Brain Tumor

胃や肺にがんができるように、脳にもがんができることがあります。その発生率は1年あたり、人口10万人に対して3.5人ほどとそう高くはありませんが、発生部位によっては、言語、運動、視覚、呼吸などの機能が冒されます。また、頭蓋骨という狭い空間内に発生するため、脳を圧迫することでも障害を引き起こします。

脳、脳を覆う髄膜、血管、脳下垂体などにできる腫瘍を「脳腫瘍」と総称します。脳腫瘍には大きく、脳組織自体から発生する「原発性脳腫瘍」とほかの臓器のがんが転移してできる「転移性脳腫瘍」とに分けられます。原発性脳腫瘍はさらに、良性と悪性とに分けられます。

脳腫瘍の部位や大きさ、性状などは、X線CTやMRI検査によって、ある程度得られます。さらに、PETやポジトロンCTなどによる詳しい検査を行い、血液検査で腫瘍マーカーの値を調べれば、より適確な診断がつきます。

● 脳の構造と脳腫瘍の主な症状



良性的脳腫瘍

原発性脳腫瘍のうち、約75%は良性だといわれています。良性的の場合、腫瘍の部位によって、頭痛、吐き気、嘔吐などの症状がみられますが、手術で取り除けることが多く、比較的容易に完治します。ただし、腫瘍が脳幹部位にできた場合には手術が難しく、生命に関わることもあります。良性脳腫瘍には、次のようなものがあります。

1. 星細胞腫

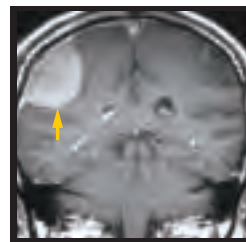
ニューロンと、ニューロンを保護する神経膠細胞に発生するもので、神経膠腫(グリオーマ)の一つとされます。大脳半球、小脳、視神経、脳幹、視床下部などにみられます。病理学的には良性ですが、浸潤性の腫瘍のため全てを取り除くのは難しく、多くの場合徐々に再増大あるいは再発してしまい、5年生存率は50%ほどにとどまります。

2. 神経鞘腫



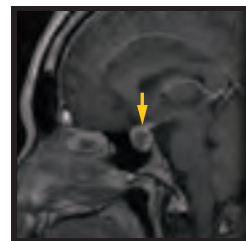
ニューロンを包むシュワン鞘から発生する腫瘍です。ほとんどは聴神経に、そのほかは三叉神経にみられます。

3. 髄膜腫



脊髄を包む髄膜に発生する腫瘍です。成人女性に多いとされますが、ほとんどは手術で治ります。

4. 下垂体腺腫



下垂体の前葉に発生する腫瘍で、成人に多くみられます。下垂体からはさまざまなホルモンが分泌されており、その状態に異常が出てきます。例えば、成長ホルモン産生腫瘍では、手足や顔が異常に成長します。また、プロラクチン産生腫瘍では、授乳中でもないのに乳汁が出るようになります。これらの症状は、腫瘍を取り除けばなくなります。

5. 胚腫瘍

生殖細胞から発生する腫瘍の一つです。手術で取り除くことが多いですが、放射線がよく効くため、放射線療法のみということもあります。

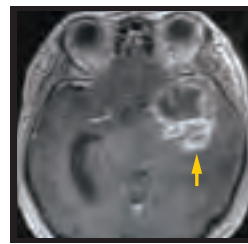
悪性の原発性脳腫瘍

脳腫瘍が悪性の場合、進行が早く、放っておくと、あっという間に生命に危険が及びます。腫瘍によって頭蓋内の圧力が高まるため、まずは良性脳腫瘍と同じように、頭痛、吐き気、嘔吐などがみられます。また、視神経乳頭が圧迫されるうっ血乳頭によって、ものが二重にみえたり、めまいが起きたりすることもあります。腫瘍が大きくなるにつれ、発生部位の脳機能に対応した障害もあらわれます。治療には、開頭摘出手術、ガンマナイフ、放射線療法、化学療法、ホルモン療法などを組み合わせることが多く、附属病院では、がん細胞にヘルペスウイルスを感染させて死滅させる「ウイルス療法」の臨床試験も始まっています。悪性の原発性脳腫瘍には、次のようなものがあります。

1. 未分化星細胞腫

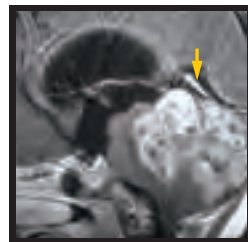
成人に多い神経膠腫^{しんけいこうしゅ}です。子どもの橋脳^{きょうのう}に発生することもあり、この場合には「橋グリオーマ」とよばれます。放射線療法、化学療法が治療の中心になり、平均余命は3年ほどとされています。

2. 膠芽腫^{こうがしゅ}



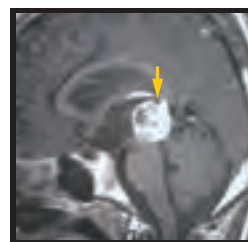
ニューロンと、ニューロンを保護する神経膠細胞^{しんけいこうじょう}に発生する悪性腫瘍で、神経膠腫の一つとされます。50～65歳くらいの成人の前頭葉や側頭葉で見られることが多く、きわめて悪性度が高いのが特徴です。

3. 髓芽腫^{ずいがしゅ}



子どもに多い神経膠腫^{しんけいこうしゅ}の一つです。腫瘍が広い範囲に及ぶのが特徴で、手術と放射線化学療法が併用されます。

4. 悪性胚細胞腫瘍



生殖細胞から発生する胚細胞腫^{はいじょうしゅ}の打ち、悪性のものを指します。男性に多くみられ、手術、放射線療法、化学療法が併用されます。

悪性脳腫瘍では、ほかの部位のがんと同様に、早期発見、早期治療が鍵といえます。

提供：脳神経外科学

佐野先生に聞く 脳神経外科学教室 初代教授



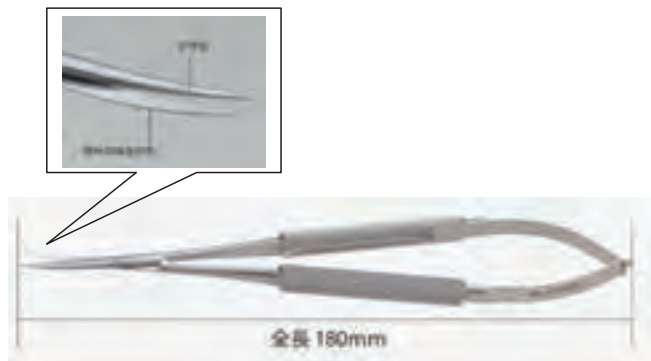
昔の器具 穿頭器



脳手術に用いる器具

● 東大マイクロ剪刃

東京大学脳神経外科 齊藤 延人教授指導



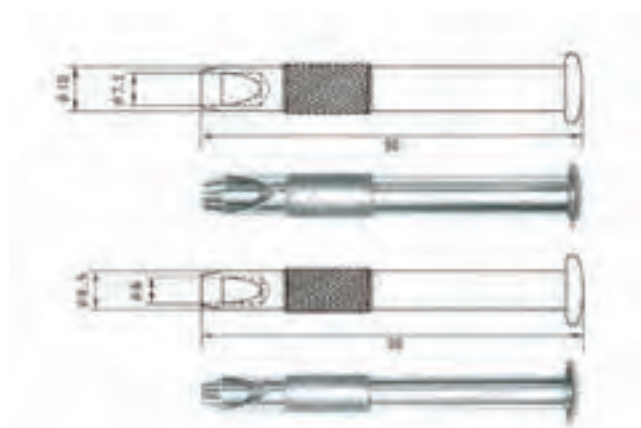
● 東大改良型開創器



● 頭蓋穿骨器



● 頭蓋骨ポンチ



● 杉田チタンクリップ鉗子



スタンダード 佐野式関節付



ミニ 佐野式関節付



スタンダード 佐野式コマ付



ミニ 佐野式コマ付

アルツハイマー病は、 脳画像や血液で診断できるようになるのか？

Diagnosis of Alzheimer's Disease

アルツハイマー病は患者数が国内で200万人にも上り、苛酷な症状と負担の大きい介護が、大きな社会問題にもなっています。根本的な治療法は確立されていませんが、脳画像や血液検査によって早期に診断し、新たな治療法を開発するための臨床研究がはじまっています。

アルツハイマー病とは？

アルツハイマー病は、高齢者の認知症の約65%を占めるとされます。患者さんの多さに加え、進行すると症状が重くなり、家族や介護者の負担も大きいことから、認知症の中でもとくに重大視されています。多くは65歳以降に発症し、男性よりも女性に多くみられます。一部には、遺伝子の変異が原因となり、60歳未満で発症することの多い「家族性アルツハイマー病」も知られています。一般的なアルツハイマー病も家族性アルツハイマー病も、予防が難しいのが実態です。

アルツハイマー病のほとんどが、他の認知症と同じように「物忘れ」からはじまります。次第に、食事、入浴、排せつなどの日常の行動が困難になります。進行すると、感情が鈍る、憂鬱な気分が続く、徘徊する、意味もなく興奮するといった症状も出てきて、人格が変わったようになることもあります。最後は、失禁したり、物が飲み込めなくなったりといった寝たきりの状態になり、全介護が必要になります。このような患者さんは、栄養が摂りにくくなり、肺炎や床ずれなどの感染症にもかかりやすくなります。

診断と治療

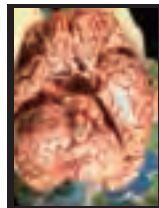
早期のアルツハイマー病は他の認知症との区別が難しく、確実に診断するのは困難です。ただし、比較的初期から物忘れがひどい、他の認知症疾患の患者さんよりも礼容が行き届いているといった傾向がみられます。また、脳のPET検査では、早期から血流量、酸素消費量、ブドウ糖消費量などに異常がみられます。病気が進行すると、X線CTやMRIなどによる検査で、脳の萎縮、脳溝や脳室の拡大がみられるようになります。

アルツハイマー病で亡くなった患者さんの脳を調べると、大脳皮質や灰白質に老人斑とよばれる沈着物がみられます。沈着物の正体は、「 β (ベータ) アミロイド」というタンパク質です。これが異常に貯まることで神経細胞を変性させ、死滅させると考えられていますが、その蓄積のメカニズムはよくわかっていません。

アルツハイマー病の治療薬は、現在までに4種（ドネペジル、リバスチグミン、ガランタミン、メマンチン）が認可されていますが、いずれも根治を望めるものではありません。また、薬の効果や副作用についても、患者さんによってさまざまです。

● アルツハイマー病の脳では何が起こっているのか

アルツハイマー病の脳



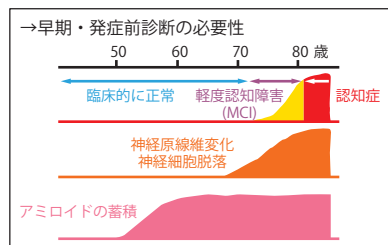
大脳の萎縮がみられる

アルツハイマー病海馬の顕微鏡写真



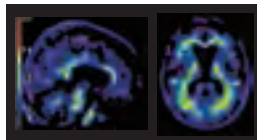
1. 神経細胞脱落 2. 神経原線維変化
3. 老人斑 (β アミロイド)

● 病理学的にはずっと以前から発症している

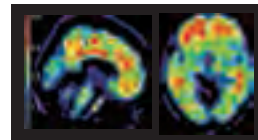


● アミロイドPET画像

正常



アルツハイマー病



提供：Avid社 Dan Skovronsky博士

アルツハイマー病は、 脳画像や血液で診断できるようになるのか？

J-ADNI臨床研究

このような状況を受け、2007年より、アルツハイマー病をより正確に診断し、よりよい治療法を開発しようと「J-ADNI (Japanese Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative) 研究」が始められています。厚生労働省と新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が主導し、全国のさまざまな施設、病院、製薬企業、画像診断関連企業などが参画しています。

その一機関として医学部附属病院も参加しており、アルツハイマー病の患者さんに対し、MRIによる脳の形態変化、特殊なPETによるβアミロイドの蓄積、脳脊髄液・血液・遺伝子などの解析を、長期的に行っています。J-ADNI研究全体では、患者さんと健常な方を合わせて600人を対象としており、アルツハイマー病に特徴的な症状や脳の形態の変化や異常、薬の効果、診断の決め手となりうる血液中の物質の探索などが進められています。

こうしたオールジャパンの研究が進むことで、早期のアルツハイマーの確実な診断、根治、将来の発症リスクの同定、発症予防などの新たな手法の開発が期待されています。

J-ADNI臨床研究全体の概要

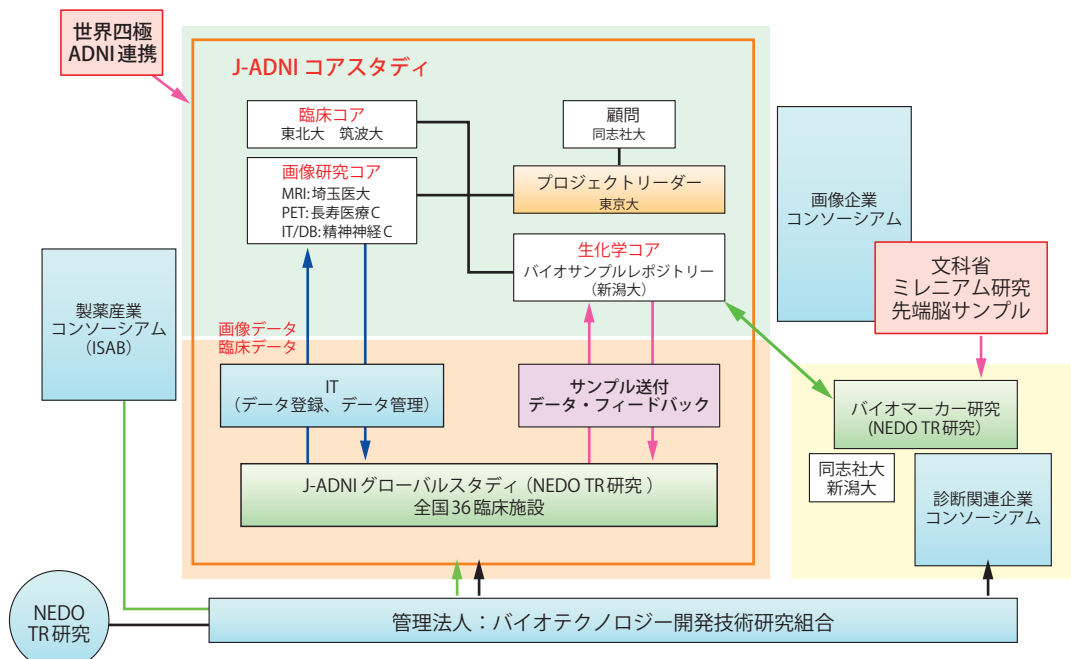
- 5年間の研究
- 38臨床施設
- 600例を検討

検討群 (60-84歳)	症例数	フォローアップ
早期アルツハイマー病	150	2年
軽度認知障害	300	3年
健常者	150	3年

- 1.5テスラMRI
- PET
 - ・FDG PET
 - ・アミロイドPET
- 血液・アポE遺伝子型
- 脳脊髄液検査
- 臨床・心理検査 (14種の国際互換バージョン)

**全国38臨床研究施設の参加
→J-ADNI認定施設**

プロジェクト研究開発体制



超高齢社会を目前に控え、 予想以上に増えている認知症

Dementia in Super Aged Society

記憶、学習、言語、空間認識、歩行、排せつなど、認知や運動のさまざまな機能が障害され、もとは戻らない状態を認知症といいます。65～74歳の約4%、85歳の約30%が発症しているともいわれ、病状の多くが年齢とともに進行していきます。本格的な高齢社会を迎えつつある日本では、認知症の診断、治療、予防、支援体制の確立が急務になっています。

認知症のサインと診断

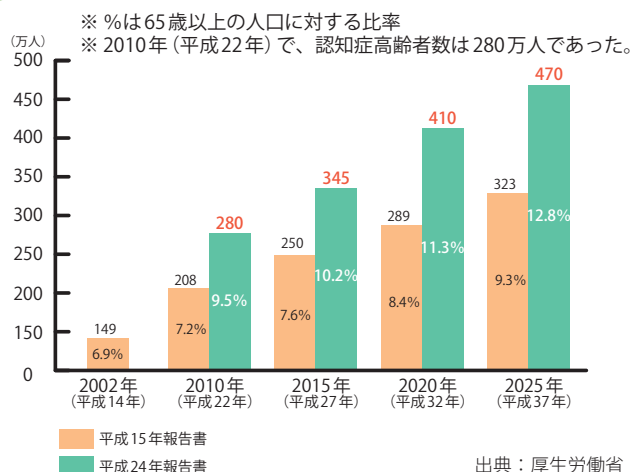
認知症は、アルツハイマー病以外に、脳梗塞などによる脳血管障害性のもの、レビー小体型認知症、前頭側頭型認知症、パーキンソン病によるものなどがあります。こちらも「物忘れ」が発症のサインになるといわれています。忙しい現代社会においては、誰もが「うっかり忘れてしまった」という経験をしており、加齢とともにその頻度が高くなるのは当たり前なのですが、認知症の場合はそれが「正常な物忘れのレベル」を逸脱してしまいます。

「正常な物忘れ」とは、日常生活に支障をきたさない程度の物忘れです。たとえば、昔読んだ本のタイトルが思い出せないのは正常な範囲内といえますが、重要な商談の約束を忘れる、自宅への帰り道を忘れるといったものは要注意です。また、「本人が、物忘れをしやすくなっていることを自覚しているかどうか」、「内容をすべて忘れていいのか、あるいは一部は覚えているのか」といったこともポイントとなります。

診察では、まず患者さん本人や家族から話を聞きます。その際、医師は患者さんの言語理解力、記憶力、思考力、感覚や反射の異常の有無などを観察診断のためのテストを行います。さらに、PET、X線CT、MRIなどによる画像検査を行い、脳の血流量・酸素消費量・ブドウ糖の消費量や、脳・脳溝・脳質の形の異常がないかどうか調べます。

ICD-10(国際疾病分類第10版)による認知症の定義は「通常、慢性あるいは進行性の脳疾患によって生じ、記憶、思考、見当識、理解、計算、学習、言語、判断等多数の高次脳機能の障害からなる症候群」とされており、表1のように要約される。

● 認知症高齢者数の将来推計



● 表1 ICD-10による認知症診断基準の要約

- G1. 以下の各項目を示す証拠が存在する。
 1. 記憶力の低下
新しい事象に関する著しい記憶力の減退、重症の例では過去に学習した情報の想起も障害され、記憶力の低下は客観的に確認されるべきである。
 2. 認知能力の低下
判断と思考に関する能力の低下や情報処理全般の悪化であり、従来の遂行能力水準からの低下を確認する。
 - 1、2により、日常生活動作や遂行能力に支障をきたす。
 - G2. 周囲に対する認識(すなわち、意識混濁がないこと)が基準G1の症状をはっきりと証明するのに十分な期間、保たれていること。せん妄のエピソードが重なっている場合には認知症の診断は保留。
 - G3. 次の1項目以上を認める。
 1. 情緒易変性
 2. 易刺激性
 3. 無感情
 4. 社会的行動の粗雑化
 - G4. 基準G1の症状が明らかに6ヶ月以上存在していて確定診断される。
- 認知症診断基準には米国精神医学会によるDSM-III-RおよびDSM-IV-TRも存在する。

引用：日本神経学会 認知症疾患治療ガイドライン2010
(<http://www.neurology-jp.org/guidelinem/nintisyo.html>)

治療と経過

医師は、一連の検査結果を総合し、認知症かどうかを判断します。認知症で最も多いのはアルツハイマー病で、その他に、前頭側頭型認知症、脳梗塞などによる脳血管障害が原因となるもの、レビー小体型認知症、パーキンソン病によるものなどが知られています。

前頭側頭型認知症は、アルツハイマー病同様、神経の変性による認知症です。アルツハイマー病では主に脳の側頭葉内側や頭頂葉の神経が萎縮するのに対し、前頭葉や側頭葉前方の萎縮が特徴的な認知症を前頭側頭型認知症として区別するようになりました。原因は不明で、50代くらいの比較的若い時期に発症し、とくに新しいことの習得や感情のコントロールが苦手になり、自分や他人への関心が低下します。

脳血管障害が原因となる認知症は、脳梗塞などによって脳への血流がとだえ、虚血部位のニューロン（神経細胞）が死滅することで起きます。注意力や意欲が低下し、感情の起伏が激しくなります。

レビー小体型認知症では患者さんの脳（大脳皮質など）に「レビー小体」とよばれる球状の構造が異常に蓄積することが知られています。原因は不明で、幻覚（特に幻視）が出たり、つじつまの合わない行動をしたりすることがあり、パーキンソン病のような手足の震えや筋肉のこわばりが出るケースもみられます。

パーキンソン病は、脳内の神経伝達物質（ドーパミン）を分泌する細胞が異常になり、ドーパミンが不足することで引き起こされる難病です。ふるえ、筋肉の硬直、まばたきがしにくい、異常に多い発汗、便秘、排尿障害といったさまざまな症状がみられます。パーキンソン病の患者さんは、約40%の確率で認知症を発症しますが、 α シヌクレインという物質が脳に沈着することが原因と考えられています。

治療は主に薬物療法とリハビリテーションからなります。病院や介護施設の多くが、歌、踊り、

食事会、アニマルセラピーなどを取り入れ、楽しみながらできるよう工夫しています。一方の薬物療法でよく使われるのは、脳の血流をよくする「脳循環改善薬」と、脳内の神経伝達物質の伝達を改善する「脳代謝改善薬」です。

病状が進行すると、徘徊や失禁がみられることもあり、寝たきりになる例も少なくありませんが、自尊心や喜怒哀楽の感情などは最後まで残っていると考えられています。家族や介護スタッフは、患者さんを一人の人間として敬う気持ちをもって接し続けることが重要です。

さまざまな認知症の比較

アルツハイマー型認知症

- 少し前の出来事を忘れてしまうなどの記憶障害
- 時間、場所、人物を何度も確認するなどの見当識障害
- 物を見ても認識し同定できなくなるなどの失認
- 手順が解らなくなる、目的の行動を遂行できなくなるなどの失行
- 簡単な物の名前が出にくくなるなどの失語
- 状況を判断することができなくなる判断力障害
- 空間的な位置関係がわかりにくくなるなどの視空間機能障害
- 妄想（もの盗られ妄想）、幻覚、うつ状態、意欲低下、猜疑心、不安感

レビー小体型認知症

- 幻覚、とくに幻視
- 体系化した妄想
- 幻覚、妄想に基づく不安、焦燥、興奮、異常行動
- 意欲の低下
- 筋固縮、振戦、小刻み歩行など、意のままにならない運動異常

血管性認知症

- 反応が遅い、無気力、沈んだ気分がみられるなどの意欲の低下と自発性の低下
- 突然笑う、泣くなどの感情失禁
- 夜間のせん妄（意識が混濁し、幻覚や錯覚がみられる状態）

前頭側頭型認知症

- 新しいことを修得できなくなってしまう
- ちょっとしたことでも集中できなくなる、落ち着きがない
- 身だしなみに無頓着になり、不潔でいても平気になる
- 自発的な発語が減少し、自から進んで行動することが難しくなる
- 暴力をふるうなどの興奮状態
- 社会生活のルールがわからなくなったような行動

予防と社会支援

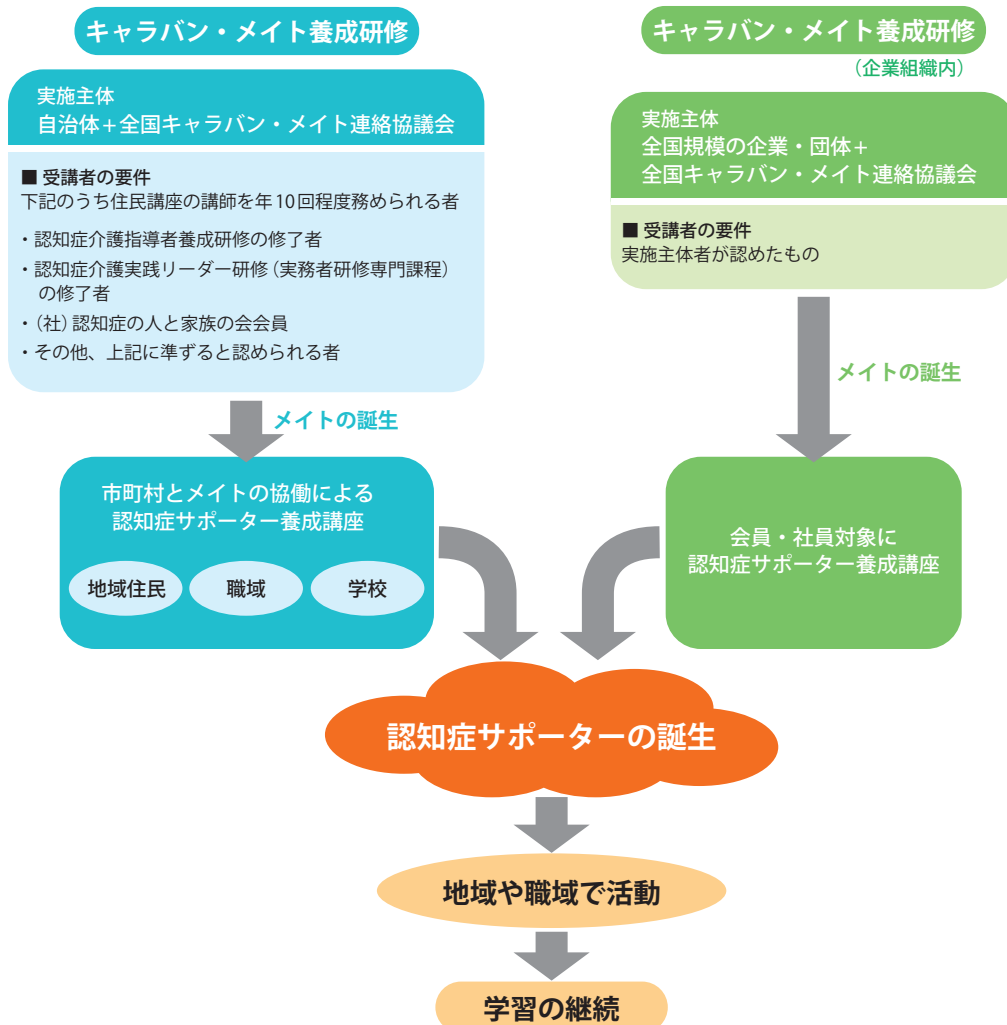
家族性アルツハイマー病やパーキンソン病には遺伝子が関与しており、予防は困難です。一方、脳血管障害性の認知症は、生活習慣を改善し、脳の血流をきちんと維持できれば、ある程度防げられると思われまます。具体的には、適切な食生活、運動、休養によって、高血圧、脂質異常症、動脈硬化、糖尿病を防ぎ、ストレスを溜めすぎないことが重要です。

残念ながら、認知症は一度発症したら治りません。しかも、本格的な高齢社会を迎え、今後も患者さんが増え続けると考えられます。このような状況においては、「どのようにしたら、認知症患者さんに住み

慣れた街で安心して暮らしてもらえるか」を考えなくてはなりません。患者さんを温かく受け入れ、支える社会の体制づくりが急務といえます。

厚生労働省では「認知症サポーター 100万人キャラバン」というプロジェクトを始めています。地域や職場で認知症に関する勉強会を開催し、全国で100万人以上の認知症サポーターを養成しようとの試みです。サポーターがリーダーとなり、地域社会の相互扶助やネットワークづくりが進めば、患者さんのみならず、市民の誰もが安心して老後を迎えられるようになると期待されます。

● 「認知症サポーター 100万人キャラバン」のしくみ

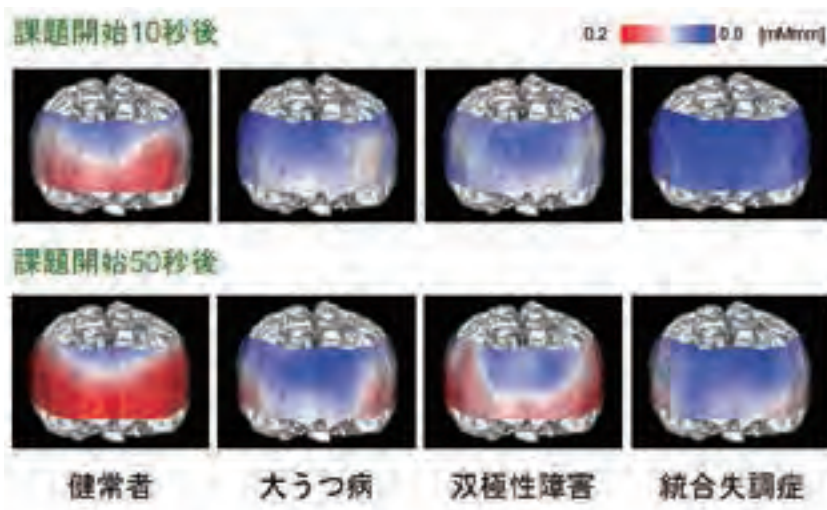


光トポグラフィー (NIRS) 検査とは



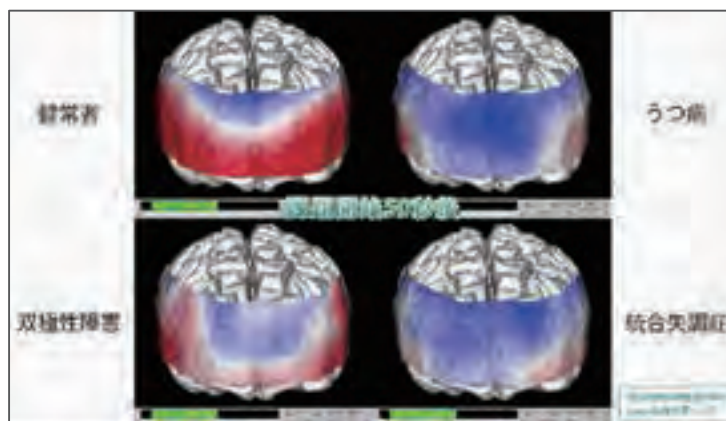
トポグラフィー (NIRS) 検査による脳機能評価を精神疾患へ応用することで、うつ症状の背景疾患が示唆されることがわかりました。身体に無害な近赤外光を使って脳の前頭葉の血液の流れを測定し、客観的指標による評価で、うつ病 (大うつ病性障害)・躁うつ病 (双極性障害)・統合失調症のいずれの可能性が高いかが示唆されます。ただし、結果は確定診断ではなく、あくまで臨床症状にもとづく鑑別診断の補助として用います。

(注)この検査は診断の確定や治療をするものではありません。

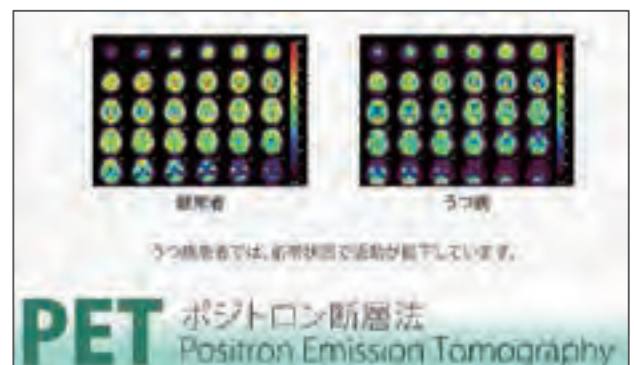


NIRS データのトポグラフィー表示

精神疾患を検査でみる試み(映像)



● 光トポグラフィー



脳に関するポータルサイト

理化学研究所 脳科学総合研究センター

<http://www.brain.riken.jp/jp/>

文部科学省 脳科学研究戦略推進プログラム

<http://brainprogram.mext.go.jp/>

JST 人体のしくみ 脳のしくみと働き

<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0040b/contents/index2.html>

厚生労働省 脳卒中ホームページ

<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/seikatu/nousottyu/index.html>

独立行政法人 国立がんセンター 『がん情報サービス』

(トップページ)

<http://ganjoho.jp/public/index.html>

(脳腫瘍ページ)

http://ganjoho.jp/public/cancer/data/brain_adult.html

e-65.net 認知症を知り認知症と生きる

<http://www.e-65.net/>

公益財団法人 認知症予防財団

<http://www.mainichi.co.jp/ninchishou/>

厚生労働省 みんなのメンタルヘルス

<http://www.mhlw.go.jp/kokoro/>

日本科学未来館 「脳！ -内なる不思議の世界へ」

<http://www.miraikan.jst.go.jp/spevent/brain/>

おわりに

- ▶ 哺乳類の脳は、どうしてあのような形なのでしょう？
- ▶ 脳の形、働き、病気について、何がわかっていないのでしょうか。脳の病気の診断や治療にはどのような研究が必要でしょうか？
- ▶ ご紹介した脳に関する「事実」の一つ一つは、どのような方法で明らかにされたのでしょうか？
- ▶ こころの病を持つ人を支えてゆくことができる社会とは、どのようなものなのでしょうか？

いつものように当館でご紹介できるのは、ごくわずかの内容です。簡単なこと、難しいこと、もうわかっていること、まだわからないこと、それぞれの視点でもっと「わたしたちの脳」について考えてみましょう。

本企画展の協力者

伊藤 正男 (理化学研究所 脳科学総合研究センター 特別顧問)	國吉 康夫 (東京大学大学院情報理工学系研究科)
大塚 正徳 (東京医科歯科大学 名誉教授)	東京大学科学技術インタープリター養成プログラム
萬年 徹 (三井記念病院 名誉院長)	医学図書館
加我 君孝 (東京医療センター臨床研究(感覚器)センター)	医学系研究科・医学部附属病院 以下の各教室・科・部
日本学士院	核医学
独立行政法人 理化学研究所 脳科学総合研究センター	細胞生物学
大塚製薬株式会社	疾患生命工学センター
大日本住友製薬株式会社	神経細胞生物学
田辺三菱製薬株式会社	神経生理学
日本光電工業株式会社	神経内科学
日本メトロニック株式会社	神経病理学
株式会社日立メディコ	人体病理学・病理診断学
株式会社フィジオテック	精神医学
瑞穂医科工業株式会社	認知・言語神経科学
	脳神経外科学
	標本室
	放射線科・放射線部
	放射線診断学
	麻酔学
	老年病学

(以上 50 音順)

発行元：健康と医学の博物館 編集：事務局
連絡先：〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学本郷キャンパス内 医学部総合中央館（医学図書館）地下1階
TEL：03-5841-0813 MAIL：mhm@m.u-tokyo.ac.jp URL：http://mhm.m.u-tokyo.ac.jp/



健康と医学の博物館

Museum of Health and Medicine

