

2025年2月2日

第13回貝塚公民館大会 子どもを真ん中で考える地域づくり

シナプス可塑性から学ぶ脳を育てるベストな方法

東洋大学生命科学部 児島伸彦



講演内容

/Q&A 特集

「今こそ全世代が手をつなぐとき」

年の差
フレンズが
未来をつくる



貝塚市立中央公民館・浜手地区公民館・山手地区公民館

もくじ

講演内容 テキスト・・・P1～9

講演内容 図版・・・P1～7

Q&A・・・P1～12

2025 年 2 月 2 日

第 13 回貝塚公民館大会 子どもを真ん中で考える地域づくり

シナプス可塑性から学ぶ脳を育てるベストな方法

東洋大学生命科学部 児島伸彦

本日は貝塚市の「子どもを真ん中で考える地域づくり」を趣旨とした貝塚公民館大会に講演者としてお招きいただき、誠にありがとうございます。お世話役の木藤様、公民館の職員の皆様、このような意義深い会に参加できることを心より光栄に思います。

私は関東での暮らしが長いのですが、本籍は実は隣の堺市にあります。関西弁がすっかり抜けてしまったものの、私のルーツである大阪の地でお話しできることを大変嬉しく感じています。

さて、本日の講演タイトルとして「子供の脳がつなぐ未来、シナプス可塑性から学ぶ育ちと支え方」をいただきましたが、準備を進める中で少し趣旨が変わり、「シナプス可塑性から学ぶ脳を育てるベストな方法」としてお話をさせていただきたいと思います。皆様のお手元にご用意いただきました資料を参考にしながら進めてまいります。

私の研究の主なテーマは、脳機能を支えるシナプスです。行動は脳の最終的な出力ですが、その仕組みを突き詰めて考えると、ニューロン同士をつなぐ「シナプス」と呼ばれる接点の働きに行き着きます（図 1）。

私は、このシナプスがどのように機能し、脳全体の働きを支えているのかに注目して研究を行っています。私の研究対象はマウスですが、正常なマウスに加えて、認知症や精神疾患のモデルとなるマウスも含まれています。これらのモデルを用いて、脳機能の根底にあるメカニズムを探ることを目的としています。

さて、本日の講演は、次の 4 つのパートで構成されています。

1. 神経科学の基礎 - 脳と神経の基本的な仕組みを簡単にご紹介します。
2. ヒトの脳の発達と可塑性 - 脳がどのように成長し、環境や経験に応じて変化するのかを解説します。
3. 脳を育む 3 つの習慣 - 脳の健全な発達を支える具体的な習慣についてお話しします。
4. コミュニケーションと脳 - コミュニケーションが脳に与える影響と、その重要性を考えます。

これらの内容を通して、脳についての理解を深め、日常生活や教育に役立てていただけるヒントをお届けできればと思います。

1. 神経科学の基礎

脳の構造

皆様は、実物をご覧になったことはなくても、図 2 にあるようなヒトの脳の画像をどこかで見たことがあると思います。脳は、いくつかの主要なパーツに分けることができます。

大脳: 外側の大脳皮質と、その内側で感情や記憶を司る大脳辺縁系、運動機能を制御する大脳基底核を含みます。

小脳: 主に運動の調整とバランスを担当します。

間脳: 大脳半球に隠れた部位で、大脳と脳幹の間に位置する脳です。情報の中継地である視床と、自律神経系やホルモン調節の中核である視床下部から構成されています。

脳幹: 循環や呼吸など、生命維持に必要な機能をコントロールします。

それぞれが特定の役割を果たし、私たちの日常生活や生命活動を支えています。

大脳の表面にある**大脳皮質**は、場所ごとに異なる役割を担う分業制の構造をしています。主に次の4つの領域に分けられます（図3）。

前頭葉：物事を考えたり、感情をコントロールしたり、計画を立てて実行するなど、人間特有の高度な機能を司る重要な部位です。また、新しいアイデアを創造する働きも担っています。

頭頂葉：体の感覚や空間認識、位置関係を理解する役割があります。

側頭葉：音を聞いてその意味を理解する場所です。また、その奥には海馬があり、記憶を司ります。

後頭葉：目で見た情報を処理し、物を認識する部位です。

これらの領域が連携して働くことで、私たちは日々の生活や複雑な思考を可能にしています。

私たちヒトの脳で、さまざまな状況に適応するために特に重要なのは前頭葉の一番前側に位置する**前頭前野**と大脳辺縁系に属する**扁桃体**と**海馬**です。これらの脳部位はマウス脳にも対応する部位が存在します（図4）。

前頭前野：判断力や計画性、感情の抑制、新しい状況への適応を司る領域で、特にヒトでは高度に発達しています。

扁桃体：感情、特に恐怖や不安などの情動を処理する中心的な役割を持つ部位です。危険の認識や適切な反応に関与します。

海馬：記憶を形成し、必要な情報を引き出す働きをします。空間記憶や学習能力にも重要です。

ヒトの脳とマウスの脳

私が研究対象としているマウスとヒトの脳を比較してみましょう。重さは、ヒトの脳が約1,500gに対し、マウスの脳はわずか3~4gです。神経細胞（ニューロン）の数は、ヒトの脳には約860億個のニューロンが含まれていますが、マウスではその数千分の1にあたる約7,100万個しかありません。しかし、ヒトとマウスの脳を比較すると、基本構造が共通していることがわかります（図5）。例えば、脳を色分けして示すと、以下の構造が明確に確認できます：終脳（大脳）、間脳（視床と視床下部）、中脳、後脳（橋と小脳）、髄脳（延髄）このように、脳のつくりには種を超えた連続性があり、各部の働きにも一定の類似性が期待されます。したがって、脳各部の機能についても、ある程度の共通性があると考えられます。また、体の設計図である遺伝子も99%は同じかまたは対応がつくことが分かっています。ヒトにあってマウスにない遺伝子はわずか1%であり、逆に、マウスにあってヒトにない遺伝子も1%です。したがって、遺伝子が原因となる病気のしくみを知ったり治療方法を開発したりするうえでマウスが役立ちます。

脳内には860億個もの**神経細胞（ニューロン）**が存在しており、それらが突起を通じて相互に接続され、複雑なネットワークを形成しています。このネットワークは、情報を伝達しながら脳が機能する基盤となっています。この仕組みは、私たちの社会の構造に似ており、個々のニューロンや細胞が協力し合い、全体としてまとまった機能を果たす様子が、社会の中で異なる役割を持つ個人や集団が協力し合う構造に通じる部分があります。このアナロジーを通じて、脳の複雑性とその重要性を理解することができます（図6）。

ニューロンの情報伝達

脳内でのニューロン間の情報伝達の仕組みを説明します。ニューロンは**樹状突起**と**軸索**という2種類の神経突起を持っています（図7）。樹状突起で他のニューロンから情報を受け取ると、細胞体で**活動電位**という電気信号が発生し、それが軸索を通過して伝わります。その信号は**シナプス**で化学信号に変換され、次のニューロンに伝達されます。シナプスはニューロン間の接続部分で、送り手側のニューロンの軸索末端（**プレシナプス**）と受け手側のニューロンの樹状突起（**ポストシナプス**）から構成されています（図8）。この2つの部分は完全に接しているわけではなく、わずか20 nmの隙間が空いています。これは1mmの5万分の1という非常に狭い距離ですが、電気信号は直接伝

わらず、この隙間を越えての情報の受け渡しは**神経伝達物質**という物質によって行われます。1つのニューロンは基本的に1種類の神経伝達物質を合成して放出します。神経伝達物質は100種類以上ありますが、代表的なものとして、筋肉を動かす**アセチルコリン**、アミノ酸の1種である**グルタミン酸**と**GABA**、そして**モノアミン**と呼ばれる**ドーパミン**、**ノルアドレナリン**、**セロトニン**などがあります（図9）。これらの伝達物質は、刺激を受けたニューロンの軸索末端から放出され、次のニューロンの受容体というキャッチャーによって確実に受け取られます。

脳内には、グルタミン酸を使うニューロンが10に対し、GABAを使うニューロンが1の割合で存在し、このバランスが脳の正常な活動を支えています。グルタミン酸は興奮性、GABAは抑制性の働きを持ち、これらがバランスをとりながら機能します（図10）。しかし、このバランスは服用した薬などに影響され、アンバランスになることがあります。興奮が強まりすぎるとてんかん、抑制が強すぎると昏睡を引き起こすことがあります。

もう1つのグループの神経伝達物質であるモノアミンですが、いずれも脳幹部の細胞体から脳に広く投射され、分泌された物質が脳全体にゆっくり作用して、気分や感情、認知機能を調節します（図11）。

ノルアドレナリンは覚醒や集中に関与し、ドーパミンは快楽ややる気を引き出します。

セロトニンは、ノルアドレナリンとドーパミンのバランスを取りながら、情緒や睡眠を調整する役割を持っています。

2. ヒトの脳の発達と可塑性

ヒトの脳の発達

脳の発達は段階的に進行し、各時期に特徴的な変化があります（図12）。胎児期では、**神経管**の形成から始まり、神経幹細胞から生まれたニューロンが急速に増殖・移動し、基本的な脳構造が形成されます。

乳児期では、シナプスが活発に形成され、感覚処理や基本的な運動制御が発達します。幼児期では、シナプスの剪定（刈り込み）が進み、記憶や言語能力が発展します。思春期では、高次認知機能が成熟し、感情や衝動の制御能力が強化されます。成人期では、脳全体の構造が安定し、特定の領域で微調整が行われます。脳の発達は、感覚や運動を司る領域が早期に成熟し、前頭前野が遅れて成熟するという時間差がありますが、全体として一貫した時系列に沿って進んでいきます。

神経幹細胞はすべての脳の細胞の大元となる未熟な細胞です。これらの細胞は脳が作られる過程で増殖して数を増やし、その後、ニューロンや**グリア細胞**（**アストロサイト**や**オリゴデンドロサイト**）を作り出します（図13）。成熟したニューロンは増殖せず、新しく生まれることもなくなります。しかし、大人の脳にも神経幹細胞は残っており、特に海馬では一部のニューロンがその後も新たに生まれることが知られています。

胎生期では遺伝的なプログラムに基づいてシナプスが作られますが、生後は経験依存性、つまり環境要因がシナプス形成に大きな影響を与えることになります。出生後、シナプスは脳の部位ごとに異なる時期に発達します。

シナプス形成とシナプス刈り込み

所定の場所に移動して、軸索を伸長したニューロンは、相手を見つけてシナプスを形成します。まず、感覚・運動野でシナプスが形成され、その後、頭頂葉や側頭葉の連合野、最終的に前頭前野でシナプス形成が進みます（図14）。シナプスは最初過剰に作られ、その後、不要なシナプスが淘汰（刈り込み）されます。

シナプス刈り込みは、不要なシナプスが刈り込まれるプロセスです。幼児と成人の脳のニューロン数は同じ約860億個ですが、乳幼児の脳ではシナプス結合が非常に多く形成されており、成人の脳の約2倍のシナプスがあります（図15）。シナプス刈り込みの目的は、学習した行動に関連する複雑な配線パターンを強化し、効率的な神経ネットワークを作ることです。一見無駄な気もするシナプス刈り込みですが、このプロセスにより、脳は不要な情報や未

使用のシナプスを取り除き、必要なものを強化することができます。

図 16 では、シナプス刈り込みの調節に関する研究結果を紹介します。このグラフは、ASD（自閉スペクトラム症）や統合失調症患者の脳におけるシナプス密度の発達変化を、定型発達の脳と比較しています。シナプス刈り込みが主に起こる幼児期と青年期は、黄色で強調されています。この時期の異常なシナプス刈り込みに関連する遺伝的危険因子や、母体の感染、胎児期の合併症、幼児期の汚染や感染、早期の生活ストレスなどの環境的危険因子も指摘されています。グラフから、ASD ではシナプス刈り込みが不十分で不要なシナプス結合が残る一方、統合失調症では必要なシナプスまで刈り込まれる可能性が示唆されています。適切なシナプス刈り込みを制御するメカニズムの解明は、精神障害の病態解明において重要な研究課題です。

神経可塑性

神経可塑性 (Plasticity) とは、脳や神経系が環境や経験に応じて構造的・機能的に変化する能力を指します。まず、神経回路の変化があります。完成された神経回路も完成したらそれで終わりというのではなく、必要に応じて新たな接続が形成されたり、逆に使われない回路が消失することです。例えば、主回路が消失すると、他の既存の回路の働きが強化されて主回路となる変化が見られます（図 17）。また、**出芽 (sprouting)** では、新しい接続を形成するために新たな軸索や樹状突起を伸ばし、新たなシナプスが形成されます。図のように損傷を受けたニューロン A の代わりに、ニューロン B が側枝を出芽し、新たな回路が作り出されることがあります。このように、神経可塑性による神経回路の変更は、道路工事に似ています。まず、既存の道路（神経回路）を整備し、流通をスムーズにする必要があります。それでも十分でない場合は、新しい道路（神経回路）を新設します。しかし、不要な道路（使われていない神経回路）は、都市の効率を高めるために取り除く必要があります。このように、神経可塑性によって神経回路が適応し、最適化されていくのです。

それでは、神経回路が新たに作られたり、消失したりするのはどのようにコントロールされているのでしょうか。

ヘップのルール

心理学者ドナルド・ヘップは、彼の著書『行動の原理』において、このような神経回路の変更について次のように表現しています。“Fire together, wire together”つまり、「ともに発火すればともにつながる」という意味です。具体的には、ニューロン A とニューロン B が同時に活動すると、A-B 間のシナプスが強化されます（図 18）。

- ① ニューロン A はニューロン B にシナプスを形成しています。
- ② ニューロン A が連続的に発火して入力を与え、または他のニューロンからの入力に加わり、ニューロン B が発火する時、
- ③ その発火に寄与したニューロン A との間のシナプスが強化され、シナプス応答が増大します。さらに、ヘップは次のようにも述べています。「よく使われるシナプスは強化され、使われないシナプスは弱まる。」

このしくみは、脳で新しい記憶を作るときに役立ちます。ヘップは記憶の保存について「**セルアッセンブリ**」という概念を提唱しました（図 19）。セルアッセンブリとは、繰り返し同時に活動するニューロンが機能的に結びつき、特定の記憶や感覚情報を処理する集合体として形成されるものです。言い換えれば、記憶は脳内のニューロンのネットワークの中で保存されと考えられています。ある出来事に関連する視覚、聴覚、匂いなどの感覚情報がセルアッセンブリ内で統合され、記憶として保存されます。これにより、一部のニューロンが活性化されると、セルアッセンブリ全体が活性化され、元の刺激や記憶が再現される仕組みです。例えば、イヌという動物の記憶を保持しているセルアッセンブリとネコという記憶を保持しているアッセンブリは、共通するネットワークを持ちながらも、それぞれ異なるネットワークで記憶がコードされています。

パブロフのイヌで有名な、**古典的条件づけ**の説明として、セルアッセンブリを用いて次のように説明できます（図

20)。最初、ベルの音をコードするセルアッセンブリと唾液分泌に必要なセルアッセンブリは繋がりを持ちません。しかし、餌が提示されると唾液分泌を引き起こすセルアッセンブリが活性化し、同時にベルの音が鳴ると、ベル音をコードするセルアッセンブリが活性化されます。繰り返しベル音と餌と一緒に提示されることで、ベル音が唾液分泌を引き起こすように条件づけられ、次回以降、餌なしでベル音だけで唾液分泌が起こるようになります。つまり、ベル音と唾液分泌に関わるセルアッセンブリが結びついたのです。

神経可塑性の現象を見た研究を1つ紹介しましょう。Hubel と Wiesel は、子ネコの片目を遮蔽して視覚入力を制限する実験を行い、遮蔽された目から視覚野への信号入力が著しく弱まり、正常な視覚機能が失われることを確認しました（図 21）。この影響は、生後数週間の「**臨界期**」にのみ観察され、成人のネコに同じ操作を行っても視覚機能への影響は見られませんでした。この結果は、脳の可塑性が特定の時間枠、すなわち臨界期に起こることを示しました。視覚系だけでなく、ヒゲの体性感覚野（パレル皮質）の発達やオスのキンカチョウの歌学習にも臨界期が存在することが確認されています。この研究は、経験に基づく脳の可塑性と神経回路の永久的な変化を示唆しています。

可塑性と加齢の関係についてお話しますと、老齢期には確かに神経可塑性が低下します（図 22）が、脳は生涯を通じて一定の可塑性を維持しています。特に新しいスキルや知識を学ぶ過程ではシナプスの形成や再編成が行われます。日常のルーチンを脱し、新しいことに挑戦することが脳を活性化させる鍵です。個人的には、定年後に子供の頃に学べなかったピアノに挑戦したいと思っています。最近の脳イメージング研究でも、ピアノ演奏中に脳の多くの部分が活性化することがわかっています。

3. 脳を育む3つの習慣

脳を健康に育てるベストな方法についてお話します。脳を育む3つの習慣、結論から言いますとそれは、適度な運動、バランスの良い栄養、そして質の高い睡眠です（図 23）。

運動と脳

運動は脳にさまざまな効果をもたらします（図 24）。子供の脳の発達においては、感覚統合を促進し、運動制御機能の発達をサポートします。さらに、運動は前頭前野を活性化し、創造性や認知機能の向上を促進します。チームスポーツや戦略的な動きによって、意思決定や計画力が強化され、協調性や社会性も養われます。

また、運動はストレスを軽減し、感情の安定を促進します。高齢者には認知症予防効果があり、睡眠の質の向上にも寄与します。運動は脳の健康を改善するための最も効果的な非薬理学的戦略とされています。脳の構造と機能を強化するために、運動は血流を増加させ、酸素や栄養素の供給を向上させ、脳細胞の健康を維持し、神経回路の修復や成長を促進します。シナプス可塑性にも良い影響を与え、既存のシナプスの神経可塑性を高めます。

運動は BDNF（脳由来神経栄養因子）の生成を促進し、神経回路の可塑性を高め、学習能力や記憶力を向上させます（図 25）。さらに、ニューロン新生にも寄与し、成人の脳では、嗅球に移動する神経前駆細胞を含む**脳室下帯**と、海馬の入口である**海馬歯状回**という2つの場所でニューロンが生成されます。

BDNF は、脳に広く分布するタンパク質で、ニューロンの生存や機能をサポートします。身体運動による血流量増加や、筋肉組織から分泌されるマイオカインという分子によって脳内で産生されます。BDNF はニューロンに対して以下のような役割を果たします。

- ・生存の促進
- ・神経突起の進展
- ・シナプス形成と増強

これにより神経ネットワークが強化され、学習能力や記憶力が向上します。

従来、ニューロンは成体では新生しないと考えられていましたが、近年では海馬の歯状回など限定された領域で新しく生み出されることが明らかになりました。この新生ニューロンが記憶機能に関与するとされています。

老齡カニクイザル（人間換算 70 歳）の研究では、海馬に約 73,500 個の神経幹細胞が確認され、若齡ザルに比べ半数程度減少しているものの、新生する過程そのものは維持されていました（図 26）。ただし、未成熟ニューロンの数が大幅に少なく、回路への組み込みが制限されています。これにより、老化とともに学習や記憶能力が低下する一因となる可能性が示唆されています。しかし、自発的な運動が新生ニューロンを増加させることがマウスの実験で確認されています（図 27）。通常飼育とホイールで自発運動をさせたマウスを比較したところ、海馬歯状回における**新生ニューロン**（緑）の数が自発運動群で大幅に増加していることが報告されました。一方で、強制的に運動させた場合にはこのような効果は見られず、自発的に運動することが新生ニューロンの増加にとって重要であることが示されています。この結果は、運動が脳の健康に与える影響を理解する上で大きな示唆を与えています。

栄養と脳

脳は非常にエネルギー消費が激しい臓器であり、バランスのとれた栄養が脳を育む習慣の一つとして重要です。脳は体重のわずか 2%しか占めませんが、全身のエネルギー消費の約 20%（2,000 kcal/日のうち 400 kcal）を占めています。脳は主に**グルコース**（炭水化物が分解されてできるブドウ糖）を栄養源として利用します。栄養素のカロリーは、糖質とタンパク質が 1g あたり 4kcal、脂肪が 1g あたり 9kcal で、これらをバランスよく摂取することが、脳の健康を維持する鍵となります。

バランスの良い栄養とは、体を作り動かすために必要な栄養素を適切に摂取することです（図 28）。三大栄養素には、体を作る**タンパク質**や**脂質**、エネルギー源となる**糖質**（炭水化物）があります。これらは腸内で分解され、アミノ酸、脂肪酸、グルコースなどとして体内で利用されます。また、微量ながら**ビタミン**や**ミネラル**も体の調子を整えるために重要です。さらに、第 6 の栄養素として注目される**食物繊維**は腸内環境を整え、健康維持に役立ちます。これらをバランスよく摂ることが健康の基盤となります。脳に特に重要な栄養素を表 1 に示します。糖質の最終分解物であるグルコースは、脳の主なエネルギー源です。**ビタミン B 群**はシナプスに作用し、記憶力や集中力を高めます。脂肪酸の中でも**オメガ 3 脂肪酸**は細胞膜の主成分で、脳の機能維持に役立ちます。また、**マグネシウム**や**亜鉛**などはニューロン活動に欠かせません。さらに、**抗酸化物質**はニューロンを酸化ストレスから守るために重要です。これらの栄養素をバランスよく摂取することで、脳の健康を支えます。表 2 では**ブレインフード**について説明します。ブレインフードとは、脳の働きを活性化する効果が期待される食品のことです。例えば、サバやサンマ、アジ、イワシなどの青魚は、オメガ 3 脂肪酸である **DHA** や **EPA** を多く含んでいます。また、卵にはオメガ 3 脂肪酸のほか、記憶力や神経の処理速度に関与する成分が豊富です。さらに、大豆は細胞膜の構成成分である**レシチン**、ナッツ類やベリー類は抗酸化物質を含みます。加えて、糖質ながら血糖値の上昇が緩やかな**低 GI（グリセミック・インデックス）食品**も注目されています。

脳腸相関

食べたものを消化して栄養を吸収する腸ですが、その腸の状態が脳に影響することが知られています。脳と腸は密接に相互作用しており、この関係は「**脳腸相関**」と呼ばれ、最近さまざまなところで注目されています（図 29）。脳が腸に影響を与える例として、ストレスが腸の働きを悪化させ、胃痛や腹痛を引き起こすことがあります。一方、腸の状態も脳に影響を及ぼします。例えば、腸内環境の変化がリラックス感をもたらしたり、不安感を引き起こしたりすることが近年の研究で明らかになっています。この相互作用は神経変性疾患や神経発達症の発症や進行にも関与していると考えられています。脳腸相関では腸内に生息する、いわゆる**腸内細菌**が大事な役割を持っており、

これらの細菌の構成は健康や病気と深く関係しています。ヒトの体には約 37 兆個の細胞がありますが、腸内細菌はその数を大きく上回り、100 兆から 1000 兆個が存在します（図 30）。また、ヒトの遺伝子数は約 2 万種類であるのに対して、腸内細菌は全体で 100 万から 1000 万種類の遺伝子を持っています。

認知症の人と健常人で腸内細菌の組成を調べた研究によると、認知症患者では B タイプ（バクテロイデス型）の割合が少なく、代わりにその他のタイプが増えていることが報告されています。この研究は、68 歳から 82 歳の健常人 94 名、認知症患者 34 名を対象に行われました（図 31）。腸内細菌の**エンテロタイプ**（常に腸内細菌群の構成によって分類される腸内の微生物群のタイプ）には、B タイプ（動物性タンパク質や脂肪が多い欧米型）、P タイプ（食物繊維が豊富なアフリカ人や東南アジア型）、R タイプ（雑食型）があります。これにより、脳機能と腸内細菌の関係が示唆されています。**バクテロイデス菌**は偏性嫌気性のグラム陰性桿菌で、口腔から腸内まで広く存在し、腸内環境の維持に重要な役割を果たします。食物繊維を消化し、**短鎖脂肪酸**（酢酸や酪酸）を産生することで「痩せ菌」として働き、腸内環境を改善します。短鎖脂肪酸は脳にも作用して BDNF の産生を促すことが知られています。また、小腸の免疫機能をサポートし、IgA の産生を高めます。バクテロイデス菌を増やすためには、大麦、オート麦、ゴボウ、オクラ、アボカド、キウイ、昆布、わかめ、ひじきなどの食物繊維を多く含む食品を摂取することが効果的です。

概日リズム

話は変わって、私たちのからだの中にある時計（**体内時計**）の話をします。ホームケージアクティビティーテストは、マウスの自発的な活動を中長期にわたって測定するテストです（図 32）。飼育ケージの上部に取り付けられた赤外線カメラを使用して、ケージ内のマウスの動きを監視します。このテストは、**概日リズム**（**サーカディアンリズム**）の解析にも利用でき、マウスの活動パターンを測定します。夜行性のマウスは暗期に活動が増加し、12 時間ごとの明暗サイクルの中でその活動リズムが観察されます。もし暗期のみの環境にすると、マウス固有のリズム（約 23.5 時間）が現れ、活動期の相がシフトすることがわかります。ちなみにヒトの場合、24.2～24.3 時間とされています。

視交叉のすぐ上に位置し、視床下部の前部に位置する**視交叉上核**は体内時計を制御し、時計遺伝子によって 24 時間周期の概日リズムを作り出します。このリズムは、2 つの**時計遺伝子**がシーソーのようにお互いを抑制しながら働くことで調整され、光刺激を受けてリセットされます（図 33）。視交叉上核からの信号は**松果体**での**メラトニン**合成を調整し、脳や脊髄を通じて全身に伝わり、体のさまざまなリズムを整えます。北欧などでは冬に太陽がほとんど昇らない期間があり、そのため人工の太陽光を使用して体内時計をリセットすることがあります。特に、光療法は季節性情動障害（SAD）や睡眠障害の治療に有効とされています。

図 33 の説明：

① 視交叉上核（SCN）から視床下部へ矢印

方向: SCN → 視床下部（PVN: 視索前野など）

SCN から視床下部へは中心的な経路であり、ここで自律神経系の中核と連携します。

② 視床下部から視床と脊髄に分岐する矢印

視床経路: 視床下部 → 視床（例: 視床内側核） → 大脳皮質

これにより大脳皮質の認知リズムや注意リズムを調節。

脊髄経路: 視床下部 → 脊髄上頸部 → 交感神経または副交感神経の作用点へ

自律神経や松果体への指令がここから伝達されます。

③ 視床から大脳皮質へ矢印

視床は大脳皮質への入力統合・調節を担い、覚醒や行動リズムを制御。

④ 脊髄からさらなる下降経路

方向: 脊髄 → 正中髄 → 腹部または末梢器官

自律神経の指令に基づく身体の生理的なリズムを管理します。

⑤ 脊髄から松果体への矢印

方向: 脊髄 → 上頸神経節 → 松果体

松果体ではメラトニンの分泌リズムを調整します。

睡眠と脳

覚醒と睡眠のリズムは脳の発達とともに確立されてきます(図 34)。新生児は約 16~18 時間の睡眠を必要とし、昼夜を問わず短い睡眠と覚醒を繰り返します。生後 3~6 か月で夜間睡眠が増え、1 歳を過ぎると 11~12 時間程度の夜間睡眠がとれるようになります。また、レム睡眠は新生児期に約 50%を占め、年齢が進むにつれて成人では約 15~20%に減少します。覚醒と睡眠のリズムは、脳幹部の覚醒中枢と視床下部の睡眠中枢が抑制し合うことで調整され、**オレキシン**が中心的な役割を果たします(図 35)。視床下部のオレキシンは覚醒中枢を活性化し、覚醒中枢はモノアミンを使って睡眠中枢を抑制します。睡眠中には、視索前野の GABA がオレキシンを抑制すると覚醒中枢が抑制され、睡眠に移行します。

睡眠は**ノンレム睡眠**(レベル 1~3)と**レム睡眠**(Rapid Eye Movement の略で、眠っているときに眼球が素早く動くことから命名されました)に分かれ、約 90 分周期で交互に繰り返されます。ノンレム睡眠は脳を、レム睡眠は体を休める時間とされますが、睡眠にはそれ以上の重要な役割があることが分かっています。

その一つは、記憶です。睡眠は記憶の形成や情報整理において重要な役割を果たします(図 36)。レム睡眠では、新しい情報を既存の記憶と関連づけて統合し、感情やトラウマを再処理して緩和します。さらに創造性を高め、新しい解決策を生み出すことがあります。浅いノンレム睡眠では学んだ内容を記銘し、深いノンレム睡眠では記憶を固定化して短期記憶を長期記憶に転送、また不要な情報を整理して消去します。

もう一つは、脳内のごみ処理です。睡眠中、**脳脊髄液**が脳内を循環し、アストロサイトを通じて老廃物を運搬・排出する「**グリンファティックシステム**」と呼ばれるごみ処理システムが働きます(図 37)。脳脊髄液は動脈側から脳に流れ、間質液となり、老廃物を運搬した後、静脈側から排出されます。このプロセスで、アストロサイトにある**アクアポリン**(水チャネル)が水分移動を助け、脳内の不要物を効率的に処理します。

4. コミュニケーションと脳

これまで、脳を育むための大切な 3 つの習慣について説明しましたが、これらに加えて、脳を生き生きと保つためには、人と人とのコミュニケーションも重要です。コミュニケーションは脳に多大な影響を与えます(図 38)。特に、前頭葉、扁桃体、海馬などの脳部位の神経ネットワークを活性化させ、学習や記憶能力の向上が期待されます。また、愛情ホルモンであるオキシトシンの分泌が促進され、精神的な健康が向上します。特に子供の脳の発達では、感情を司る扁桃体とその制御を担う前頭前野の連携が進むことで、社会での自律性や協調性が育まれます。

まとめ

この講演では、健康な脳機能とその発育のための鍵について説明しました(図 39)。まず、脳の基本メカニズムとして、神経回路内のシナプスを介した情報処理と、脳の可塑性によって神経回路が作り変えられることを紹介しました。次に、健全な脳の発育を支えるために、運動、栄養、睡眠という 3 つの習慣の重要性を強調しました。さらに、コミュニケーションが脳を活性化し、健康を維持する上で欠かせないことをお伝えしました。

最後に、私からのメッセージとして、健康な脳を保つために、今日からできる一歩として、体を動かし、バランスの取れた食事を摂り、良質な睡眠を確保すること、そして、人との交流や社会とのつながりを大切にすることを実践しましょう。

著者略歴：

児島 伸彦（こじま のぶひこ）

東洋大学生命科学部生命科学科 教授

分子神経生物学研究室を主宰。

1989 群馬大学大学院医学研究科（医学博士）

1989 岡崎国立共同研究機構（現 自然科学機構）生理学研究所 助手（現在の助教）

1992 アメリカ コロンビア大学 神経生物学行動科学研究センター 客員研究員兼任

1998 理化学研究所 脳科学総合研究センター 研究員

2005 沖縄科学技術大学院大学（OIST）研究員

2005 群馬大学大学院医学系研究科 講師

2008 同 准教授

2013 より現職。

シナプス可塑性から学ぶ脳を育てるベストな方法 図版

図 1. 脳機能を支えるシナプス

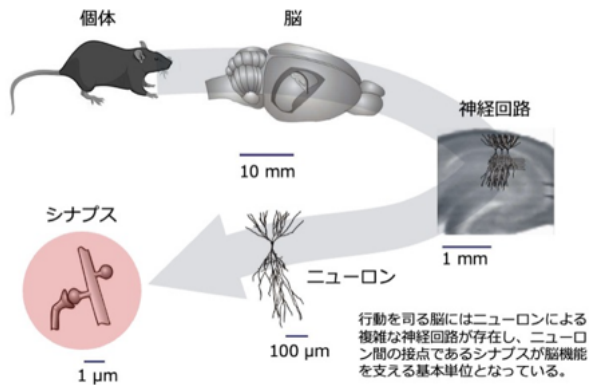


図 2. 脳の構造

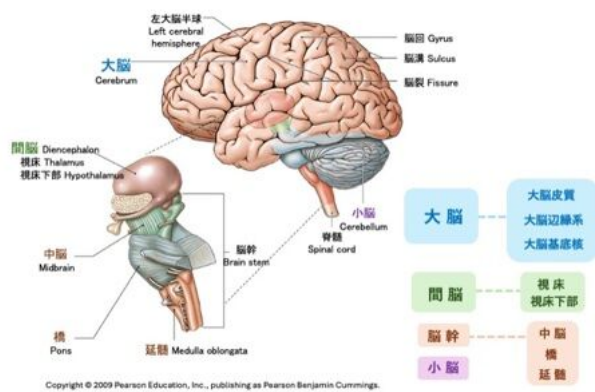


図 3. 大脳皮質のはたらき

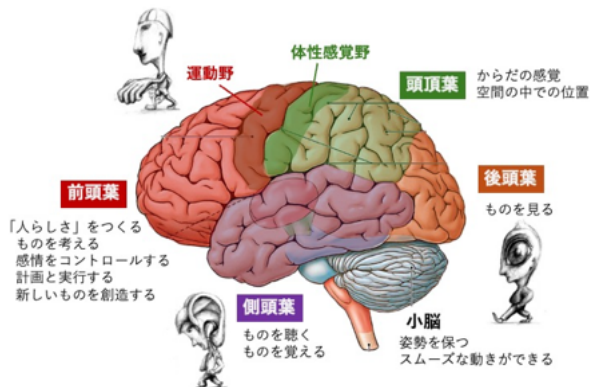


図 4. 適応行動に重要な 3 つの脳部位—前頭前野・扁桃体・海馬

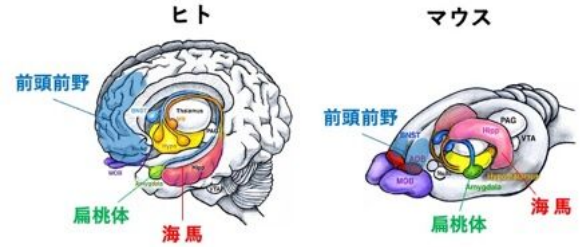
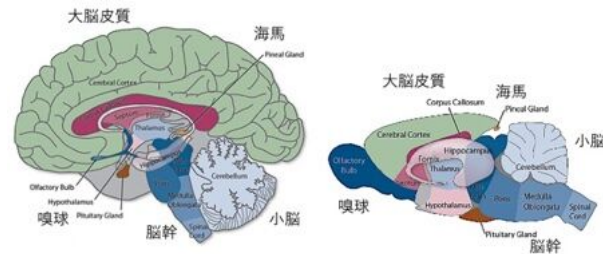


図 5. 脳の基本構造



大脳・間脳・脳幹・小脳から構成される脳の形態の基本構造は共通。また、遺伝子にも99%の対応が見られる。

図 6. 脳の中の世界

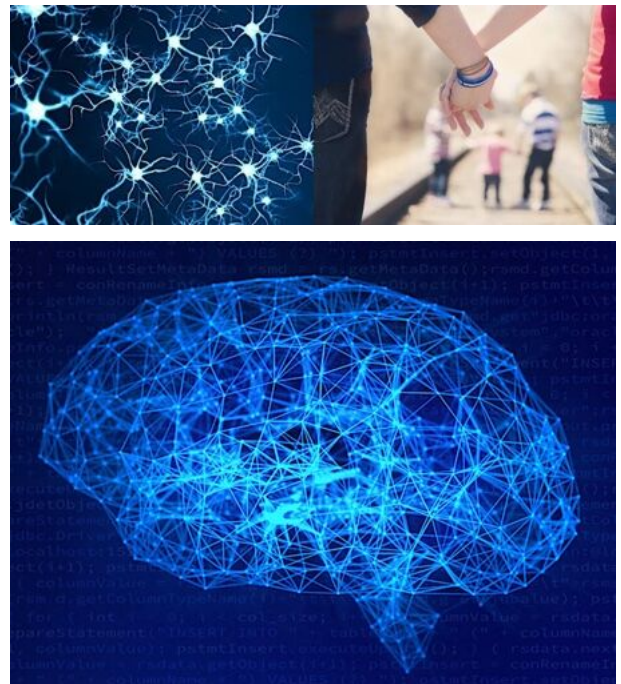


図 7. ニューロンの情報伝達

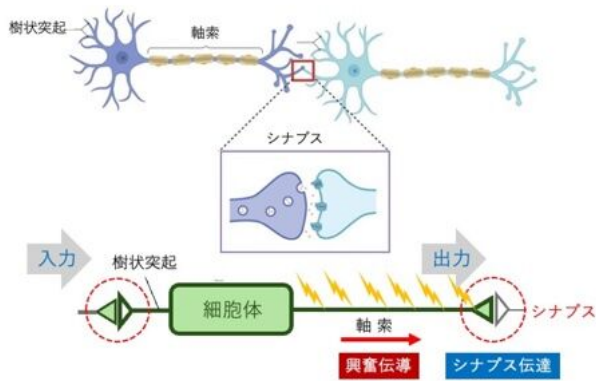


図 10. 興奮と抑制のバランス



図 8. シナプス伝達

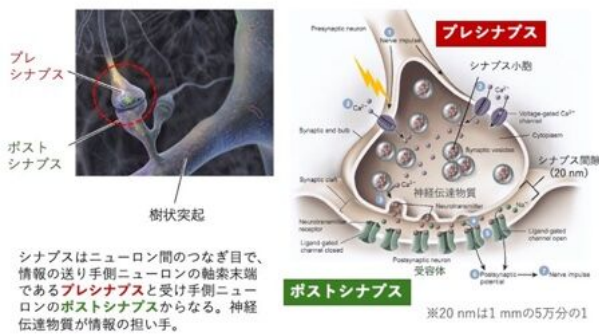


図 11. モノアミンによる神経調節

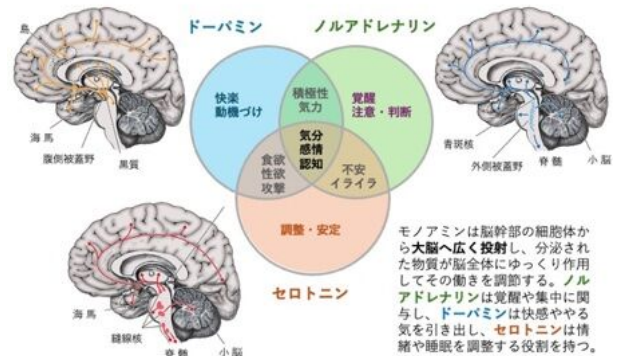
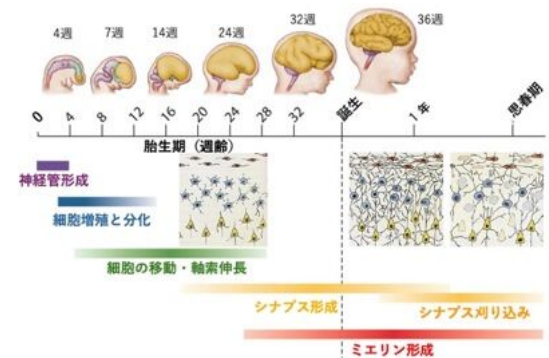
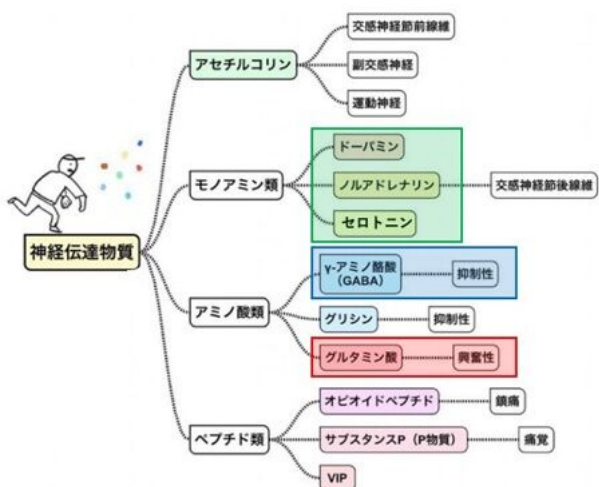


図 12. ヒト脳の発達

図 9. 神経伝達物質



脳の発達は 複数の段階 に分かれ、それぞれが異なる時期に進行する。脳部位ごとで時間差が見られるが、全体として一貫した時系列に沿って進む。

図 13. 神経幹細胞

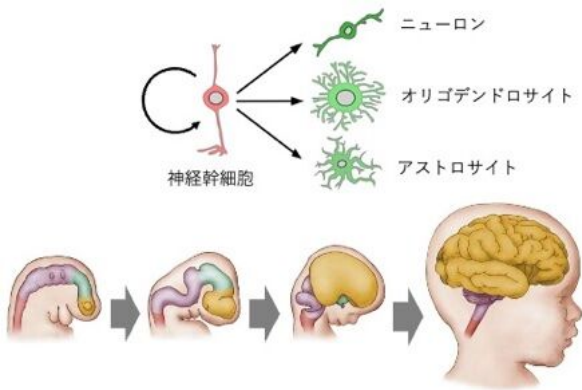
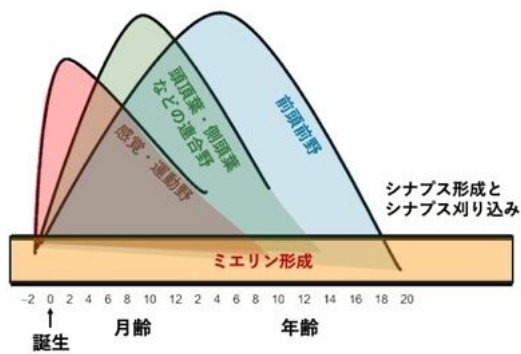


図 14. 経験依存的シナプス形成



- 生後のシナプスの発達時期は脳の部位によって異なる。
- シナプスは過剰につくられ、その後に淘汰（刈り込み）される。
- シナプス形成は胎生期と生後で異なる要因に依存する。

図 15. シナプス刈り込み

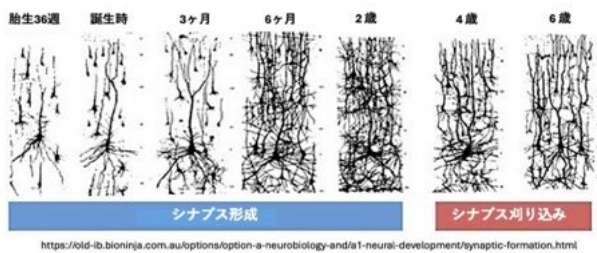


図 16. シナプス刈り込みの調節

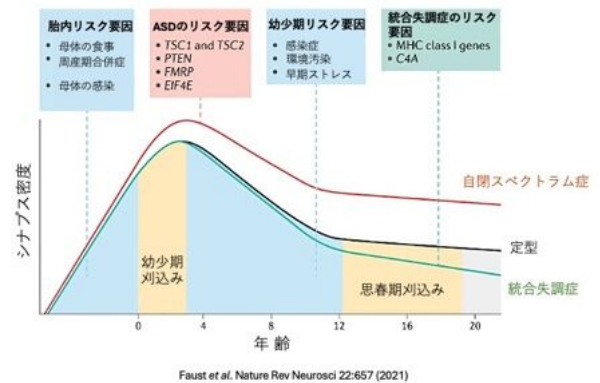


図 17. 神経可塑性

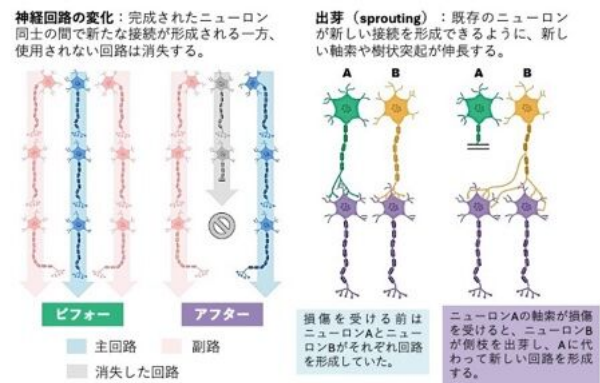


図 18. ヘップのルール

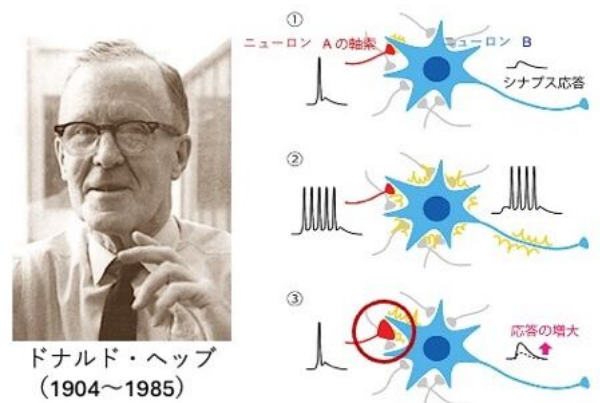


図 19. セルアッセンブリ

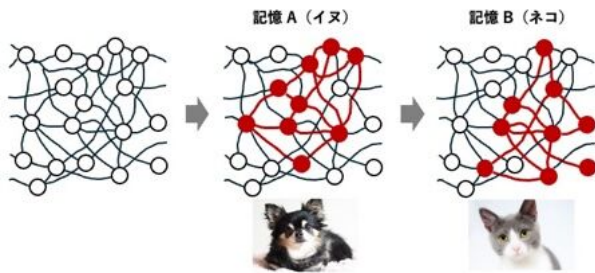


図 20. 古典的条件づけ

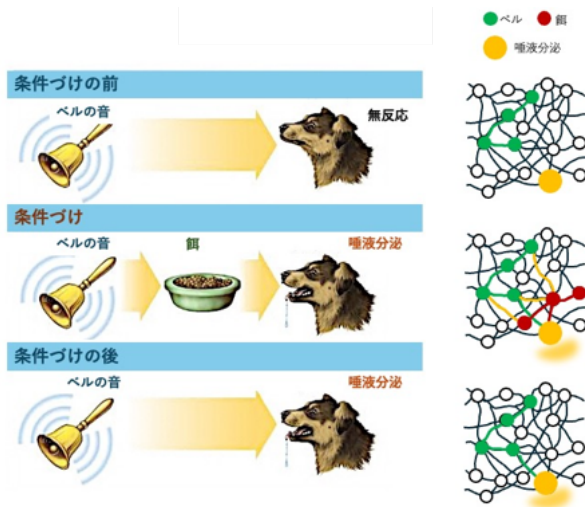


図 21. ネコの単眼遮蔽実験



図 22. 可塑性と加齢



図 23. 脳を育む 3 つの習慣

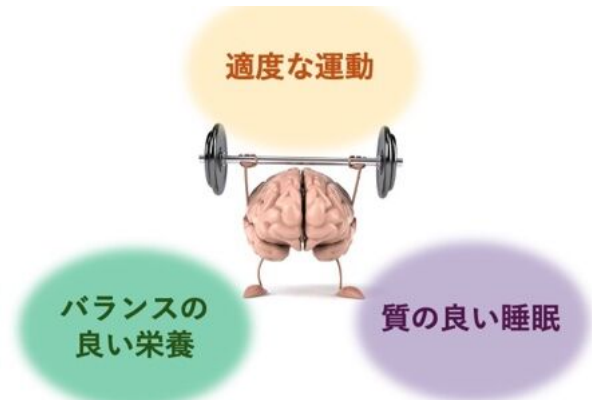


図 24. 運動の脳科学的な効果

子供の脳の発達への効果

感覚統合: 感覚情報の統合を促し、運動制御機能の発達をサポート。

前頭前野の活性化と認知機能の向上

創造性: 問題解決能力や新しいアイデアの発想力が向上。

意思決定や計画力の強化: チームスポーツや戦略的な動きが必要な運動を通じて発達。

協調性・社会性: グループ運動やチームスポーツにおいて、協調性や共感が養われる。

感情の安定とストレス軽減

ストレス軽減: 運動によりセロトニンやエンドルフィンが分泌されて幸福感が増し、**コルチゾール**が抑制されることでホルモンバランスが改善し、ストレスが軽減される。

健康維持と予防効果

認知症予防: 高齢者においては、運動が認知症リスクを低減し、脳の健康を維持する効果。

睡眠の質の向上: 運動は深い眠りを促し、脳の回復や情報処理能力を高める。

図 25. BDNF とは

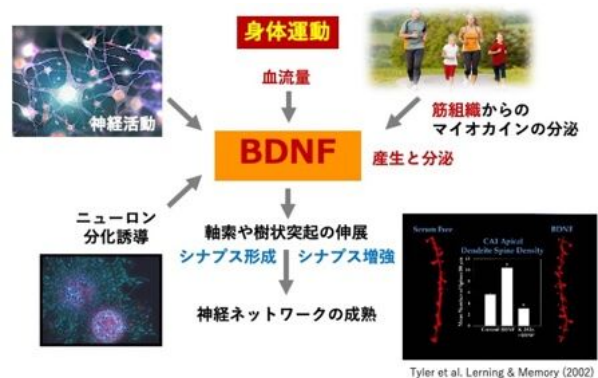


図 26. 脳で新たに生まれるニューロン

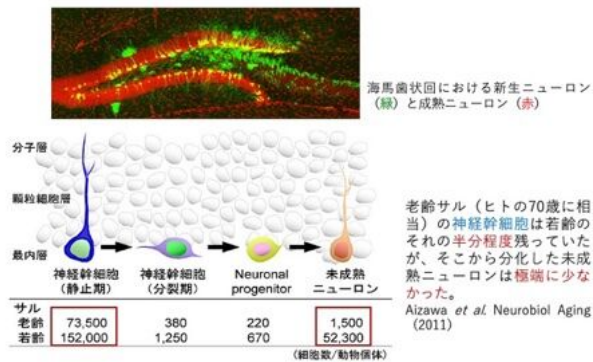


図 27. 運動と新生ニューロン

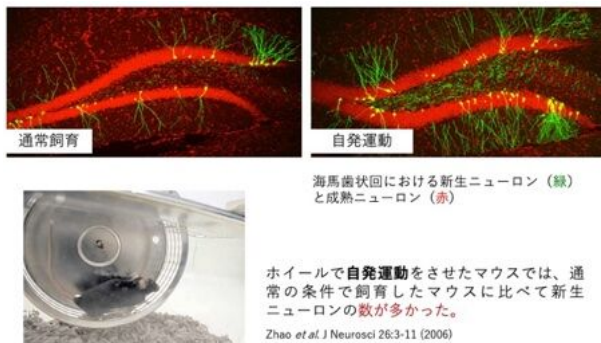


図 28. バランスの良い栄養とは

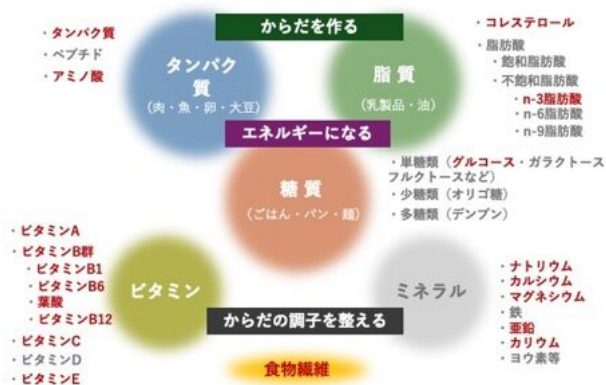


表 1. 脳に特に大事な栄養素

栄養素	説明
グルコース	脳の主なエネルギー源。脳は1日に約120グラムのグルコースを消費するとされる。
ビタミンB群	B1 (チアミン) エネルギー代謝 (特に糖質代謝) に必要で、記憶力や集中力に寄与。 B6 神経伝達物質 (アミノ酸やモノアミン) の合成に関与。 葉酸とB12 神経細胞の健康維持やDNA修復、赤血球形成に必要。
オメガ3 (n-3) 脂肪酸	魚 (特に青魚) や一部の植物油 (亜麻仁油) に多く含まれ、DHA (ドコサヘキサエン酸) とEPA (エイコサペンタエン酸) が重要。
ケトン体 (アセト酢酸、β-ヒドロキシ酪酸、アセトンなど)	グルコースが不足している場合、肝臓で脂肪酸から生成される代替エネルギー源。
その他の重要な成分	マグネシウム 神経伝達やシナプスの可塑性に寄与。 亜鉛 記憶や学習に必要。 抗酸化物質 (ビタミンC、E、ポリフェノール) 酸化ストレスから神経を保護。



表 2. ブレインフード

食品	効果
青魚	DHAやEPAなどのオメガ3脂肪酸には脳に存在する神経細胞を再生したり保護したり、情報の伝達をスムーズにする働きがある。
卵	DHAやEPAが含まれている。その他にもリン脂質、コリン、ルチン、ゼアキサンチンがあり、それらは脳細胞の生成と構造、記憶力、神経の処理速度などに関わる。
大豆	記憶力や集中力に関わるレシチンが豊富。さらに抗酸化物質のポリフェノールが含まれており、こちらは加齢による認知能力の低下予防をサポートする。
ナッツ	抗酸化作用があるビタミンEが豊富で、脳の老化防止や学習力・記憶力に関連する。
カカオ	抗酸化物質のテオブロミンやフラバノイドが豊富に含まれており、脳の老化防止や学習力・記憶力に関連する栄養素となる。
ベリー類	抗酸化物質が豊富に含まれており、脳の疲労軽減や記憶力低下予防、集中力・判断力向上に必要。
低GI食品	炭水化物のうち血糖値をあげる効果が緩やかなもので、脳の状態を安定化する。

図 29. 脳と腸と腸内細菌叢の相互作用

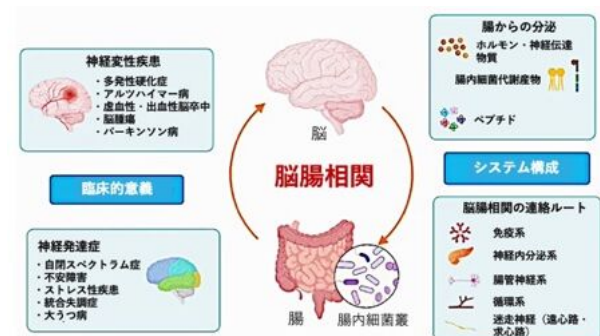


図 30. ヒト vs 腸内細菌



図 31. 認知症と腸内細菌叢

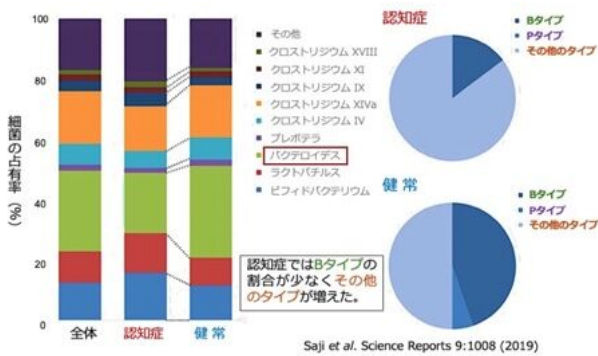


図 32. 概日リズム

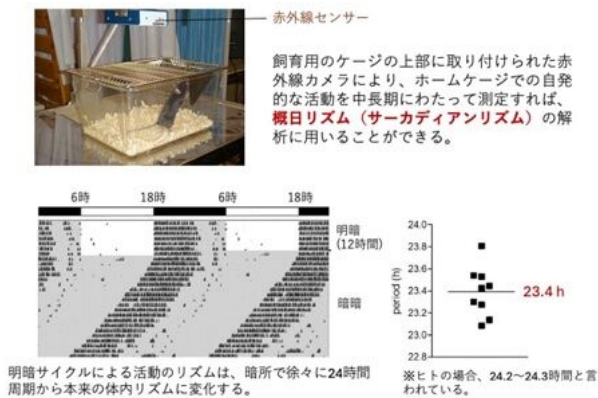


図 33. 視交叉上核と時計遺伝子

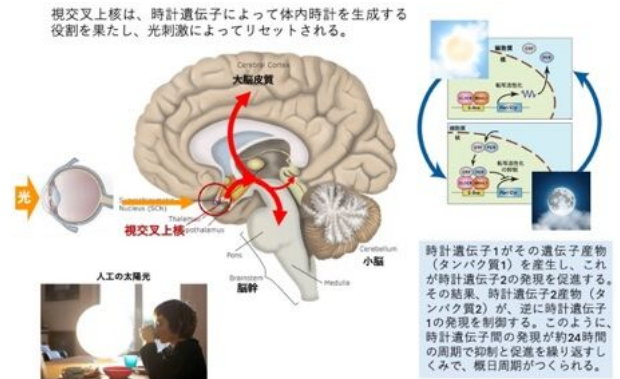


図 34. 睡眠リズムの発達

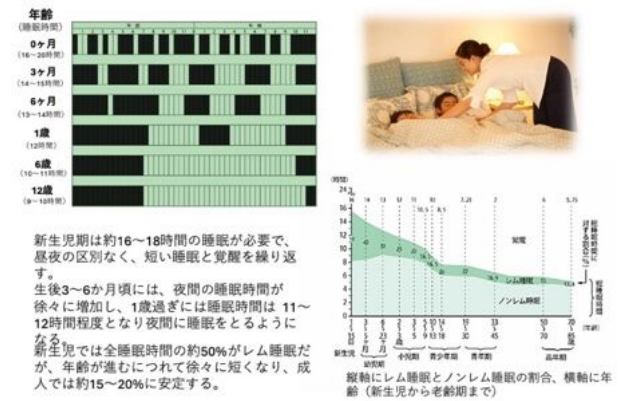


図 35. 覚醒-睡眠リズムと睡眠サイクル

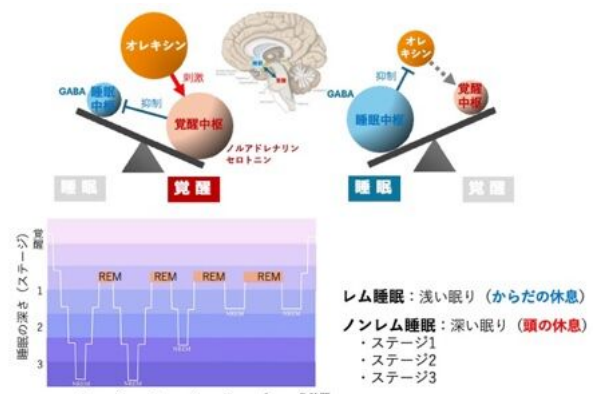


図 36. 睡眠と記憶

睡眠は記憶の形成や情報の整理に重要な役割を果たしている。

■ レム睡眠

記憶のネットワークの再構築：新しい情報を既存の記憶と関連づけて記憶と情報の統合を行う。

トラウマの緩和：夢による感情の再処理により、恐怖やトラウマを緩和する。

創造性と問題解決：新しいアイデアや解決策を生む可能性。

■ 浅いノンレム睡眠

情報の符号化：学習した内容を記録（エンコーディング）する。

■ 深いノンレム睡眠

記憶の固定化：特定の記憶を再生し、短期記憶を長期記憶に転送し、神経ネットワークを強化する。

不要な情報の消去：シナプスの刈り込みにより、不要な記憶の整理。



図 37. 脳内のゴミ処理システム

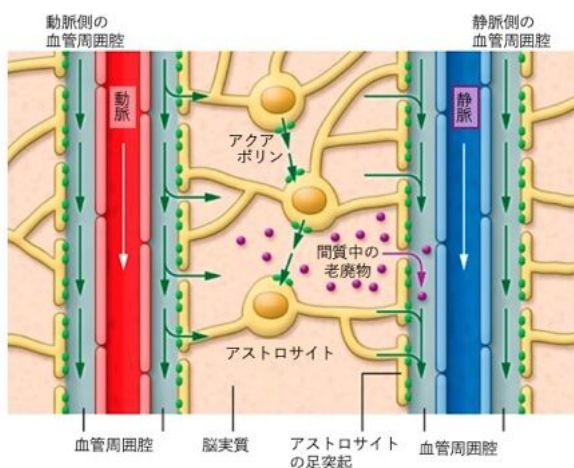


図 38. コミュニケーションと脳

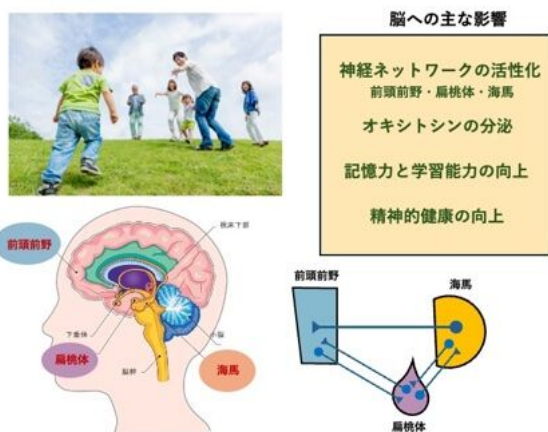


図 39. 脳を育む鍵—健康な脳機能と発育のために

1. 脳の基本メカニズム

神経回路の中におけるシナプスを介した情報処理

可塑性：経験による神経回路の作り変えが可能

2. 健全な脳の発育を支える3つの習慣

適度な**運動：**脳への血流促進、神経回路の活性化

バランスの良い**栄養：**腸内環境（腸内細菌叢）が脳にも影響

質の高い**睡眠：**記憶形成、老廃物の処理を促進

3. コミュニケーションの重要性

人との交流、社会とのつながりが脳を活性化し、健康を維持

著者紹介



東洋大学

東洋大学生命科学部生命科学科
分子神経生物学 研究室

児島 伸彦
Kojima Nobuhiko, Ph.D.

略歴

1989 群馬大学大学院医学研究科（医学博士）
1989 岡崎国立共同研究機構（現 自然科学機構）生理学研究所 助手（現在の助教）
1992 アメリカ コロンビア大学 神経生物学行動科学研究センター 客員研究員兼任
1998 理化学研究所 脳科学総合研究センター 研究員
2005 沖縄科学技術大学院大学（OIST）研究員
2005 群馬大学大学院医学系研究科 講師
2008 同 准教授
2013 東洋大学生命科学部生命科学科 教授

児島先生への質問

- 続きの内容が知りたいです。
(腸、睡眠、コミュニケーション)をどのようにすれば脳にいい影響があるのですか

腸は「第二の脳」とも呼ばれ、腸内には脳と密接に連携する神経が多く存在します。

脳腸相関という言葉が示すように、腸内細菌が健康的で多様性に富んでいると、脳にも良い影響を与えることが知られています。腸内環境を整えるためには、食物繊維が豊富な食品（野菜、果物、全粒穀物など）や、発酵食品（ヨーグルト、キムチ、味噌など）を積極的に摂取することが腸内細菌のバランスを改善します。

次に、睡眠ですが、睡眠は脳の健康にとって非常に重要です。質の良い睡眠は、記憶の定着や老廃物の除去に役立ち、脳の健康を保つために欠かせません。睡眠の質を向上させるためには、規則正しい生活、就寝前のリラックス、寝室の環境を整える（暗く静かな場所、快適な温度設定）ことが効果的です。

良好なコミュニケーションによる人とのつながりや社会的な交流も、ストレスを軽減し、幸福感を高め、脳の健康に大きな影響を与えます。コミュニケーションを促進するためには、他者との定期的な会話や協力的な活動を積極的に持つことが大切です。地域の活動に自発的に参加したり、新しい人とのつながりを持つことが効果的です。

- 感情のコントロールなどの形成が20歳くらいで形成されるとありますが、それ以降はトレーニングしても難しいのでしょうか？

感情のコントロールを司る前頭前野の機能は、確かにおおむね20歳前後で発達のピークを迎えるとされていますが、それ以降もトレーニングや経験によって20歳以降にも、感情コントロールのスキルを向上させることは十分可能です。神経科学の研究では、大人の脳も「神経可塑性」を持ち続けていることが示されています。具体的には、瞑想やマインドフルネス、認知行動療法、日記を書くなどの内省を通じて感情の認識やコントロール能力を高めることができます。また、運動、食事、睡眠の3つの習慣も脳機能を維持・向上させる要因です。

- グルタミン酸・ギャバ 食べ物では脳に影響がない
さとうとかは？チョコの食べ過ぎで子どもが興奮する？

グルタミン酸や GABA は食べ物にも含まれていますが、血液脳関門という仕組みにより、体内に取り込んだ物質が簡単に脳に到達することはありません。そのため、食べたグルタミン酸や GABA が脳に直接影響を与えることはほとんどありません。砂糖を過剰に摂取すると、一時的に血糖値が急上昇し、その後急激に下がることで子どもの行動に影響を与えることがあります。また、チョコレートを食べ過ぎると子どもが興奮する原因としては、チョコレートに含まれるカフェインやテオブロミンといった興奮作用のある成分が影響していると考えられます。いずれにしても、これらの食べ過ぎには注意が必要です。

- 研究対象がマウスでも人に対応できるのですね 同じ DNA で出来ているのが不思議 子どもの発育にどうつながっていくのか知りたい

ヒトとマウスは外見や大きさが大きく異なる一方で、体の基本構造が驚くほど似ており、共通の祖先から進化してきた連続性を示しています。また、遺伝子の約 99% を共有していることから、マウス研究はヒトの体や脳の仕組みを理解するためや薬を開発するためなどの重要な手段となっています。例えば、マウスを使った研究によって、ストレスや栄養状態が子どもの発達に与える影響や、発達障害や精神疾患のメカニズムが解明されつつあります。

また、マウスで特定の栄養素が脳の発達に重要だと示された場合、その知見を基に子どもの成長期に適した栄養指導を行うことが可能になります。このように、マウス研究はヒトの発育や健康をより良い方向に導くための貴重な手がかりを提供するものです。

- 2 世代前の人の生活内容で子どもの脳に影響があるというのは本当？

確かに「2 世代前の人の生活内容が子どもの脳に影響を与える」ことがあると言われており、これは「エピジェネティクス」研究と関連しています。エピジェネティクスとは、DNA の配列を変える突然変異とは異なり、遺伝子の化学修飾によって「スイッチ」をオン・オフする仕組みです。この仕組みは、環境や生活習慣によって影響を受けることがあり、その変化が一部のケースで次世代に受け継がれることがあります。たとえば、ストレスや栄養状態がエピジェネティクスを介して次世代の脳の発達や神経回路の形成に影響を及ぼす可能性が示されています。ただし、エピジェネティクスの影響は、その後の環境や生活習慣によって修正可能であり、現在の健康的な生活習慣が次世代にプラスの効果をもたらすとも考えられています。

- 自発運動は、自身が楽しくやりたいと思う運動ということですか？それとも散歩等の軽い運動のことなのでしょうか？

強制的な運動よりも自発的な運動が脳を育むことをお話しました。「自発的な運動」とは、本人が「楽しい」「やりたい」と感じながら、自ら進んで行う運動です。具体的には、スポーツや遊び、ダンス、さらには散歩など、軽い運動でも構いません。その形態や強度に関係なく、自発性と楽しさが鍵となります。

適度な運動の基準は個人個人で異なりますが、無理なく、身体的にも心理的にも負担を感じない範囲で行える運動が適切と言えるでしょう。重要なのは、運動を「義務」ではなく「楽しみ」として取り組むことが、脳の発達や健康により良い影響を与えるという点です。

- 腸で作られたセロトニンは脳の関門を通らないと聞いたことがあります。食べ物からセロトニンを取り入れることは効果がありますか？

ご指摘の通り、腸で作られたセロトニン（からだ全体の90%以上！）は脳の血液脳関門を通過しないため、直接的に脳内のセロトニンレベル（からだ全体の1~2%）を上げることはありません。また、食べ物からセロトニンそのものを摂取しても、それが脳内で機能するわけではありません。しかし、セロトニンの前駆体であるトリプトファンを含む食べ物（鶏肉、魚、豆類、ナッツなど）を摂取することは、脳内セロトニンの生成に寄与すると考えられています。トリプトファンは血液脳関門を通過できるアミノ酸であり、脳内でセロトニンの合成に使用されます。

また、腸内で作られるセロトニンは脳内のセロトニンとは直接的に関係しないものの、迷走神経や腸内細菌を介して間接的にストレス応答や気分の安定などの脳の健康に影響します（脳腸相関）。

さらに、腸内細菌のバランスが腸内セロトニンの生成に影響を与えることが知られており、発酵食品（ヨーグルト、納豆、味噌など）や食物繊維（野菜、果物、全粒穀物など）を摂取することで、腸内細菌叢の豊富さやバランスを整えることが推奨されます。

- 食物繊維の話がありましたが玉ねぎは食物繊維と考えていいですか？

玉ねぎは食物繊維（イヌリンという水溶性食物繊維）を含んでいます。食物繊維は第6の栄養素として、腸内で善玉菌のエサとなり、腸内フローラを改善する効果が期待されています。これにより、腸内環境を整え、便通の改善や腸内の健康を促進します。

食物繊維には水溶性と不溶性があり、それぞれ異なる効果を持っています。水溶性食物繊維は腸内でゲル状になり、腸内の善玉菌の増加を助け、不溶性食物繊維は便のかさを増やし、腸の蠕動運動を促進します。なお、食物繊維を摂取するときには十分な水分を摂ることが大切で、水分が食物繊維と一緒に腸内で膨らみ、効果的に腸内を動かす助けになります。

以下、ネットで調べたことをまとめます。これらをバランスよく摂るとよいでしょう。

- 水溶性食物繊維：イヌリン（腸内善玉菌のエサとなり、腸内環境を整える）、ペクチン（リンゴや柑橘類に多く含まれ、コレステロールを低下させる作用がある）、β-グルカン（免疫機能を助ける）があり、これらを多く含む食材として、玉ねぎ、ニンニク、バナナ、リンゴ、柑橘類、オートミール、大麦等があげられます。
 - 不溶性食物繊維：セルロースやリグニン（腸内の便通を促進する）があり、キャベツ、レタス、ブロッコリーなどの野菜、全粒穀物、豆類、種子、ナッツ、根菜等が含まれます。
- 腸内細菌は日本人と外国人違うと思うのですがバクテロイデス菌は全ての人にあるのでしょうか？主人がマレーシア人で食べるもの一緒にいいか悩んでいます。

腸内細菌の構成は、国籍、食生活、環境、遺伝的要因などによって異なることが知られています。マレーシア人のご主人と日本人では腸内細菌の構成に違いがある可能性はありますが、日常的に同じ食生活を送っていることで、共通点も多いと考えられます。例えば、食事に含まれる食物繊維や発酵食品が腸内環境に良い影響を与えることは、どの国の人にも共通して見られる特徴です。

ただし、伝統的な食生活や文化的な食材の影響も大きいため、多様な食事を心がけたり、食物繊維を豊富に摂取したりして、お互いの腸内環境に合ったバランスを見つけることが重要です。もし腸内環境が気になる場合は、腸内フローラの検査を受けてみるのも良い方法です（私自身も最近、ある食品メーカーの検査サービスを利用しました）。検査結果を参考にすることで、より個人に適した食生活のアドバイスを得られるでしょう。

- ・児島先生 本日はありがとうございました。睡眠について質問です。
子どもの睡眠に良い音などはどのようなものがありますでしょうか？
今2才と5才の子供がおり、最近寝る前に音楽をかけたりします。ネットでけんさくしますと、たき火の音や水の音、オルゴールなどいろんな音が出てきます。脳神経科学的にはどういう音がリラックスさせたり、寝るのに良いえいきょうがでるのでしょうか？？

お子さんの質の高い睡眠について色々と調べて実践されているのはすばらしいことです。ご指摘のような自然音（焚き火の音、波の音、雨の音など）やオルゴールのゆっくりしたテンポのメロディは、脳科学的にも脳をリラックスさせ、入眠を促す効果があることが確認されています。また、乳幼児には体内にいたときに聞いた母親の心音のリズムが安心感を与えとも言われています。

さらに、瞑想時に出る α 波（8～14Hz）の周波数を用いた音楽は、副交感神経を活性化し、リラックス効果が期待できると言われています。そのような音楽を収録したCDや配信も多くあります。しかし、音の効果は音楽の好みと同様に個人差があるため、お子さんに合ったものをいくつか試してみると良いでしょう。

また、音量が大きすぎないように注意し、静かな環境で取り入れることがポイントです。そして、入眠前のルーチンとして、儀式のように毎日同じ時間帯に取り入れると、習慣化されて効果が高まると思います。

- ・後半の話 特に睡眠の話を聞きたいです
- ・後半の睡眠の話をもう少し聞きたい
- ・睡眠の項の説明を聞きたい！

これらのリクエストにお応えする形で、10分間の講演延長の中で「睡眠」と「コミュニケーション」、そして「脳」についてお話ししましたが、これでご期待に沿う形となりましたでしょうか。

- ・脳を育てる3要素について

学校で教員をしています。先日生徒からナップタイム（昼寝）の効果について提案がありました。企業や他校でも導入しているとも聞いています。ナップタイムについての先生へのお考えや、もし取り組むとすればどのように行えばよいかアドバイスなどがいただけると嬉しいです。よろしくお願いします。

適度な昼寝（ナップタイム）は、科学的に仕事や学習の効率を向上させる効果が実証されています。昼寝中のレム睡眠によって、海馬が記憶を整理する働きを促進し、昼寝後には注意力が高まり、情報処理能力や問題解決能力が向上するとされています。また、昼寝はストレスホルモンであるコルチゾルの分泌を減少させる一方で、

セロトニンやドーパミンの分泌を促進し、気分のリフレッシュややる気の向上にも繋がります。

ただし、昼寝には注意点もあります。例えば、90 分以上の長時間の昼寝は深い眠り（ノンレム睡眠）に入る可能性があり、かえって寝覚めが悪くなったり、疲労感を感じたりすることがあります。そのため、昼寝の時間は 20～30 分程度に抑えるのが適切です。

このように、適度な昼寝は科学的根拠に基づく効果的なリフレッシュ手段であり、学校環境や学生生活に取り入れる価値があります。すべての人に強制するのではなく、昼休みなどの時間を活用して自由参加型で導入するのが望ましいでしょう。また、そのためには静かで暗めの教室など、適切なスペースを提供することが重要です。ナップタイムを試験的に導入し、その効果を測定しながら最適な運用方法を探ることも一つのアプローチです。このような取り組みを通じて、学習や仕事の効率向上だけでなく、全体的な健康や幸福感の向上を目指すことができます。

- 睡眠についてもっと詳しく聞きたかったです。

幼稚園児の必要な睡眠時間

睡眠の質を上げるためにできることは？

ヤクルト 1000 が良いとされているが本当？効果は？

幼稚園児の必要な睡眠時間は、一般的に 1 日あたり 10～12 時間程度とされています。子どもの成長や発達にとって十分な睡眠は非常に重要です。睡眠の質を上げるためにできることとしては、毎日同じ時間に寝る、起きる規則正しい睡眠習慣が体内時計を整える上で大切です。また、静かな、暗い部屋で快適な寝具で眠ることが質の高い睡眠を促進します。寝る前にテレビやスマホの画面を見ない、リラックスできる活動（絵本を読む、お風呂に入るなど）を取り入れると、寝つきが良くなります。また、カフェインを含む飲み物は、睡眠の質に悪影響を与える可能性があるため、就寝前数時間は避けることです。

ヤクルト 1000 は、ストレス軽減やリラックス効果があるとされる乳酸菌シロタ株を含んでいますが、現時点ではヤクルト 1000 が直接的に「睡眠の質を改善する」と科学的に証明されたものではありません。ただし、腸内環境の改善が脳に影響を与える脳腸相関により、間接的に睡眠の質が向上することが期待されるため、試してみる価値はあるかもしれません。なお、効果には個人差があるため、自己の体調や反応を見ながら取り入れることが大切です。

- 睡眠の良し悪し リズムとは？

睡眠については、十分に時間を取って説明することができませんでした。こちらで補足説明します。

睡眠の良し悪しは、主に以下の3つの要素によって決まります。

1. 睡眠の深さ

深い睡眠（ノンレム睡眠の深い段階）に十分な時間入ることで、体の疲労回復や成長ホルモンの分泌が促進されます。

2. 睡眠の持続性

一晩中中断されずに眠ることが重要です。中途覚醒（途中で目覚める）の回数が多いと、睡眠の質が低下します。

3. 睡眠のタイミング

規則正しく就寝と起床の時間をとることで、これが体内時計に合致していると、睡眠の質が向上し、目覚めたときにすっきり感じられるでしょう。

睡眠のリズムとは、概日時計（サーカディアンリズム＝体内時計）によって調整される、睡眠と覚醒の周期を指します。このリズムを整えることは、質の良い睡眠に直結します。概日時計を調整するためには、まず規則正しい就寝・起床の習慣を持つことが重要です。特に、起床時に朝の光を浴びることで、体内時計をリセットできます。また、概日時計は昼間の生活習慣にも影響を受けます。規則正しい食事や適度な運動がリズムを整える助けになります。

さらに、就寝の1～2時間前には以下の点に注意することが効果的です。まず、食事やアルコール摂取を控える。スマートフォンやタブレットなどのブルーライトを避ける（ブルーライトは脳を興奮させ、寝つきを悪くする可能性があります。私も頭ではわかっているのですが...）。

- 年の差フレンズとして大人も子どもも多世代に交流することにより、子どもの脳は同世代の子と交流している場合と比べてどのような脳の発達が見られるのでしょうか。また、大人も子どもと交流することでどのような脳の変化がみられるのでしょうか

多世代交流は、子どもと大人の双方にとって、互いに学び合い成長する貴重な機会であり、脳の発達や健康維持にも良い影響を与えます。

子どもに与える影響としては、同世代の子ども同士の交流とは異なり、多世代交流では、模範となる大人や年長者との接触を通じて、異なる価値観や視点に触れる機会が増えます。これにより、社会的スキルや適応力が発達します。また、大人から知識や経験を学ぶことで語彙力や思考力が向上します。さらに、礼儀作法や適切な感

情表現・対処方法を身につける機会にもなり、人格形成にも良い影響を及ぼします。一方で、大人にとっても子どもとの交流は脳を活性化させる効果があります。新しい視点や体験を得ることで神経可塑性が促進され、認知機能の低下を防ぐことが期待されます。また、子どもとの触れ合いはストレス軽減効果を持ち、幸福感や絆を深めるとされる「愛情ホルモン」オキシトシンの分泌を促進します。これにより、心身の健康維持にも寄与することが考えられます。

・ 適応行動に重要な三つの脳部位

社会行動に適応するうえで重要な脳部位には、前頭葉、扁桃体、海馬が挙げられます。前頭葉は意思決定、計画、注意制御、感情の調整、問題解決、そして社会的行動などの高次認知機能を担う中心的な役割を果たし、扁桃体は情動の処理を司る中枢として、特に恐怖や不安、怒りといったネガティブな感情を処理します。一方、海馬は記憶の形成と空間認知に関与し、特に体験や出来事に関するエピソード記憶を作り、それを保存する重要な役割を担います。これら3つの脳部位は密接に連携しており、たとえば、海馬が出来事の文脈や詳細を記憶する一方で、扁桃体はその出来事に関連する感情を処理し、この連携によって感情的に強い体験が記憶に刻まれます。また、扁桃体が危険や強い感情を感知すると、その情報が前頭葉に送られ、前頭葉がそれを基に理性的な判断を行い、必要に応じて感情を抑制します。

・ 資料のコミュニケーションと脳のところを最後教えてほしいです。

コミュニケーションは脳に多大な影響を与えます。特に、適応行動に重要な三つの脳部位として、前述の前頭葉、扁桃体、海馬などの脳部位の神経ネットワークを活性化させ、学習や記憶能力の向上が期待されます。

また、愛情ホルモンであるオキシトシンの分泌が促進され、精神的な健康が向上します。オキシトシンは、絆を深める働きがあり、対人関係において安心感や信頼感を生み出します。これにより、ストレス軽減や情緒的安定にもつながります。

特に子どもの脳の発達においては、扁桃体の神経回路が比較的早期に発達する一方で、前頭前野の成熟は後から進むため、幼少期には感情が直接的に表出しやすい傾向がありますが、成長とともに前頭前野の機能が向上し、感情をコントロールしながら、社会での自律性や協調性が育まれます。この過程は、自己調整能力の向上や他者との適切な関係構築に欠かせない要素です。親や教師との日常的な対話や相互作用を通じて、これらの脳部位は強化され、社会性や感情の成熟が促進されます。

さらに、対話やコミュニケーションは、社会的認知能力や共感力を育むためにも重要

です。これにより、他者の感情を理解し、適切に反応できる能力が育成され、社会的な適応力が向上します。

- ・シナプス刈り込みの調節？はどのようにしたらいいのですか。3 歳児ぐらいまでにしたらいいのですか。

- ・シナプスの刈り込みについては興味深く聞きました

「三つ子の魂百まで」という言葉があります。この時期は大切なものではないでしょうか？シナプス刈り込みの調節メカニズムについては、現時点では解明が進められている途中であり、完全に理解されているわけではありません。しかし、シナプス刈り込みは脳の発達において重要なプロセスであり、無駄なシナプスを減らし、効率的な神経回路を形成するために必要な現象とされています。

調節そのものに直接介入する方法はまだ確立されていませんが、以下のような環境や要因が、シナプス刈り込みを健全に促進する可能性が示唆されています。

1. お子さんが興味を持ち、楽しむような多様な経験や遊びが重要です。過剰な刺激を避けながら、年齢に応じた感覚や運動の体験を提供することが効果的です。
2. 適切な睡眠時間と規則正しい生活は、脳の健康な発達に不可欠です。睡眠中にシナプス刈り込みが促進されるとの研究結果もあります。
3. 脳の発達に必要な栄養素を含むバランスの取れた食事（例えばオメガ 3 脂肪酸、ビタミン B 群や抗酸化物質など）は、神経回路の形成と維持をサポートします。
4. 過度なストレスのない、安全で安定した環境を提供することが、脳の健全な発達に寄与します。

「3 歳児ぐらいまでに」という点ですが、確かに幼少期（特に 0～3 歳）は脳の発達が急速に進む時期で環境の影響を受けやすいことは確かです。しかし、脳はその後も成長を続けるので、3 歳以降も上記の方法で適切な環境や刺激を与えることは重要なことです。

- ・本日はとても良いお話をありがとうございました。

発達障がいの子どもと関わって（支援が必要な子ども）療育の仕事を数年しました。その中で保護者（特にお母さん）が自分が産んだ子、育ててきた子等でとてもメンタル面でしんどい・自信をなくされます。その時勉強した中で「お母さんの育て方ではないです。生まれ持った脳の病気」と関わってきました。シナプスの刈り込みの学びで勉強になりました。未就園児の子どもには影響だと感じた

「お母さんの育て方ではなく、生まれ持った脳**の特性**である」という視点を共有することは、保護者の方々が抱える自己責任感や不安を軽減するために非常に重要です。発達障害を病気と捉えるのではなく、一人ひとりの個性として尊重しながら、お子さんが抱える生きづらさを少しずつ改善していけるように支援していくことが大切であると学びました。特に、未就園児の子どもたちへの早期支援において、シナプスの刈り込みに関する科学的知見を活かすことは非常に意義深いと感じています。

ご家族が抱える苦労や不安は計り知れないものがあると思いますが、適切な知識やサポート、そして何より愛情を持って接することが、お子さんの可能性を広げる大きな力になると確信しています。

- 神経可塑性について、どのような環境・経験が重要なのでしょうか。

幼少期に自閉症と診断されていても、経験や環境によって特性が変化していくことも考えられるということですよ？子どもへのネオニコチノイド系農薬への脳の発達への影響についてどう考えられていますか？

神経可塑性は、脳が経験や環境に応じて構造や機能を変化させる能力であり、この可塑性は一生にわたって続きます。特に幼少期は脳が非常に柔軟で、経験を通じて神経回路が形成されやすい時期です。そのため、幼少期に自閉スペクトラム症（ASD）と診断された場合でも、適切な経験や環境を提供することで、特性の改善や変化が期待できます。

脳は感覚的・認知的な刺激に反応し、神経可塑性を促進します。ASD の子どもたちにとっても、豊かな言語環境や社会的な相互作用は重要であり、早期に行動療法や言語療法、感覚統合療法などを取り入れて脳の神経回路を強化することで、発達に良い影響を与え、特性を軽減する可能性が高まります。また、子どもが自信を持てる体験や達成感を得ることも、脳の回路を強化し、神経可塑性を高めるために重要です。

ネオニコチノイド系農薬は昆虫の神経系に作用する農薬ですが、ヒトの脳の発達に与える影響について懸念されています。特に発達中の脳が農薬に曝露されることで、重要な神経回路の形成や可塑性に影響を与える可能性があり、その結果、長期的な認知や行動に悪影響を及ぼすことが考えられます。そのため、農薬への暴露を減らすことが推奨されています。

- 親から虐待を受けた子どもは脳に傷がつくという話を聞いたのですが…
その傷は大人になるまで残るのですか、その傷は治るのですか

虐待を受けた子どもが体験する心理的ストレスやトラウマは、脳の構造や機能に影響を与えることがあります。特に、ストレスホルモン（コルチゾル）の過剰分泌が長期に続くと、海馬や扁桃体に変化が生じることが報告されています。これにより、情緒の不安定さや記憶力の低下、ストレスへの過剰反応といった問題が現れることがあります。しかし、脳には可塑性があり、これらの影響が「大人になるまで必ず残る」というわけではありません。カウンセリングをはじめとする心理療法、愛情深い人間関係の構築、適切な教育、健康的な生活習慣など、さまざまな支援や治療を通じて、脳は回復する可能性を持っています。重要なのは、早期の介入と適切な支援を受けることです。虐待を経験した方々でも、適切なサポートを得ることで回復し、幸福で健康的な生活を送ることが十分に可能です。

- アルツハイマー病などにはシナプスなど関係ないのですか？

アルツハイマー病ではシナプスが大きく関係しています。初期段階では、脳内でシナプスが失われることが確認されており、これが記憶や認知機能の低下に直接つながると考えられています。その原因として、アミロイドβというタンパク質の蓄積や、軸索を支えるタウタンパク質の異常が挙げられます。現在、これらを取り除くことを目指した薬や治療法の開発が進められています。

- 認知症について時間をとって頂きたかった

まず、今回は子どもの脳の発達について、神経可塑性の観点から発達を育むために脳に良いことを中心にお話ししました。しかし、認知症も神経可塑性と深い関わりがあります。認知症の中でも半数以上を占めるアルツハイマー型認知症では、アミロイドベータタンパク質の蓄積と、軸索を支持する微小管タンパク質タウの過剰リン酸化が主な病理変化とされていますが、初期段階ではシナプスの脱落が起こることが知られています。

認知症予防には、講演でお話しした「運動」「食事」「睡眠」の3つの習慣を実践することが非常に重要です。加えて、コミュニケーションや社会との積極的な関わりも、認知症の予防や進行を遅らせる効果が実証されています。

- ・高齡化による認知機能の劣れがあると言われていたが、それを防ぐにはどうした方法があるのか

自分でできること、興味のあることを少しでもやる方がいいのか。頭ではしっかりしているつもりだが体力の衰えはあり、少し不安である

高齡化による認知機能の低下を防ぐには、講演中で述べた「運動」「食事」「睡眠」の3つの習慣と、人とのコミュニケーションの重要性に加え、以下の方法も有効です。まず、自分が興味のあることや新しいことに挑戦することです。これにより、脳に良い刺激を与えることができます。例えば、新しい言語を学んだり、楽器を始めたりすることで、脳を積極的に使うことが大切です。

また、適度なストレスは必要ですが、過度なストレスは脳に悪影響を与えるため、リラックスできる時間を確保し、ストレスを軽減する方法を見つけることも大切です。体力の衰えを感じるがあっても、無理なくできる範囲でこれらの活動を取り入れることで、認知機能を保ち、より充実した生活を送ることができます。自分のペースで少しずつでも続けることが大切です。

- ・生育多様性共生プロジェクト

生育多様性共生研究プロジェクトは、現在私が代表として東洋大学で進めているプロジェクトで、生命科学分野と人文社会学分野（特に保育や教育）を連携させ、科学的な知見を保育や教育の現場で活用することを目指しています。このプロジェクトでは、多様性が原因で生きづらさを感じている人々を支援するために、科学と実践の架け橋を築くことを目指しています。

- ・今日私達に伝えたかった事（本題）を一言で教えてください！
ちょっと難しくて…すみません

一言で言うならば、以下となります。「脳の持つ柔軟性である可塑性を活かすためには、運動で血流を促し、栄養バランスの取れた食事で脳を支え、十分な睡眠で修復と成長を助けることが大切です。」