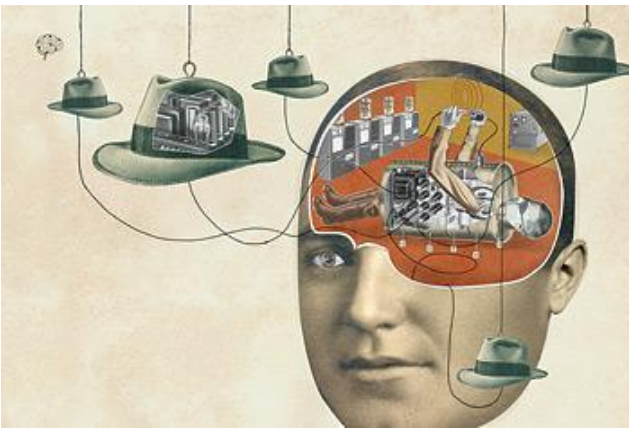
TIME Magazine

2007年1月19日

# ザ・ブレイン：脳はいかに自らを再生するか

シャロン・ベグリー



ハーバード大学医学部の研究室に集まったボランティアたちが5本の指でピアノを弾く練習をした実験は、この手の物としてはかなりささやかなものだった。神経科学者のアルバロ・パスカアル＝レオーネは、メトロノームの1分間60拍に合わせてできるだけ滑らかに弾くよう、ボランティアたちに指示した。彼らは毎日2時間5日に渡り練習した後で、テストを受けた。

その日の練習が終わるとボランティアたちは、　頭頂部から帯状に両耳へ向かう脳の運動皮質に短時間の磁気パルスを送る、ワイヤーコイルの下に座った。この経頭蓋磁気刺(TMS)テストにより、科学者はコイルのすぐ下にある神経細胞の機能を推測できる。ピアノ奏者たちの運動皮質のどれだけがピアノの練習に必要な指の動きを制御しているか、TMSにより測量した。科学者たちが発見したのは、1週間の練習の後、指の動きを司る運動皮質の伸張が、郊外の芝生のタンポポのように周囲の領域を占領している、ということだった。

この調査結果は、特定の筋肉をより多く使うと、脳がその筋肉により多くの皮質領域を割くようになる、という当時増えつつあった発見と一致していた。しかし、パスカル＝レオーネはそれだけに止まらなかった。彼は実験を拡張して、別のグループのボランティアたちに、ピアノ練習についてただ考えさせた。彼らは頭の中で簡単な曲を演奏し、指をどのように動かすか想像する間、手をじっと静止させたままにした。そして彼らもTMSコイルの下に座った。

科学者たちが実際ピアノを弾いたグループと想像しただけのグループのTMSデータを比較すると、脳についての革命的な考えが垣間見られた。単なる思考が灰白質の物理的構造と機能を変化させうる、ということである。TMSによって明らかになったのは、ピアノを弾く指を制御する運動皮質の領域が、実際にピアノを弾いた人と同じように、ピアノを弾くことを想像したボランティアの脳でも拡張した、ということだ。

「精神的な練習によって、脳は同じように再編成された」と、パスカル＝レオーネは後に書いている。もし彼の結果が他の運動にも当てはまるのであれば（そうでないと考える理由はない）、ゴルフのスイングやフォワードパス、水泳のターンを頭の中で練習することで、身体的な練習をあまりしなくてもマスターできるようになるかもしれない。さらに深い発見は、メンタルトレーニングには脳の物理的構造を変える力がある、と示したことである。

## 通説を打ち破る

何十年もの間神経科学では、成人の脳は本質的に不変、すでに組み込まれていて形も機能も固定されているから、大人になるとそれから逃れられない、というのが通説であった。確かに脳は、記憶や学習を符号化する神経細胞間の結合である、シナプスを作る（そして失う）ことができる。また損傷を受けたり変性することもありえる。しかしそれは、ある神経細胞群は目からの信号を処理し、別の神経細胞群は右手の指を動かすということを遺伝子と発達が決めたら、死ぬまでそれだけすればいい、という考え方だ。豪華なイラスト入りの脳の本が、落ちないインクで脳の構造物の機能、大きさ、位置を表したのには、それなりの理由があったのだ。

人間の脳は不変であるという学説は、派生的な問題を生んだ。そのひとつは、脳卒中で脳に損傷を受けた成人のリハビリテーションの価値や、精神疾患の根底にある病的な神経回路の修正の可能性に対する期待を低下させたことである。また研究の進展は、最も深い悲劇や最も大きな喜びの後に戻る幸福のセットポイントなど、その他の脳に関する固定要素はほとんど変更不可能であることを暗示した。

しかしここ数年の研究により、この通説は覆された。その代わりに、成人の脳は「神経可塑性」（経験に応じてその構造と機能を変化させる能力）という素晴らしい力を保持することが分かってきた。それは些細な調整ではない。視覚野や聴覚野のように基本的な機能は、幼い頃から見えなかったり聞こえなかったりする人の経験から、変化可能であると言える。晩年に脳が外傷を負った場合でも、脳は再開発の熱狂に包まれた都市のように、自らを区画整理することができる。例えば脳卒中で右腕を動かす運動皮質の近辺が破壊された場合、拘束誘発運動療法と呼ばれる新しい技術によって、損傷した部位の機能を引き継ぐように隣の部位を誘導することができる。脳は配線し直すことができるのだ。

神経可塑性の最初の発見は、脳が感覚を通して受け取るメッセージの変化によってその構造や機能がどのように変化するか、という研究から生まれた。例えば、幼少から目が見えない人の場合、目からの信号が届かなくなると、視覚野は聴覚や感覚を学んだり、言語による記憶さえサポートするようになる。皮膚や筋肉からの信号が運動皮質や体性感覚皮質（触覚を処理する）　に届くと、脳は例えば指を動かすように配線された領域を拡大する。その意味では、私たちの脳の構造そのもの（異なる領域の相対的な大きさ、領域間のつながりの強さ、さらにはその機能）が、私たちの歩んできた人生を反映していると言える。浜辺の砂のように、脳には私たちが下した決断、学んだ技術、とった行動の足跡が残っているのだ。

幻想の肢を掻く

脳に到達する入力の変化が脳の構造を変化させる極端な例として、腕や脚を失った人の体性感覚皮質の伝達が乱れる状態がある。ビクター・キンテーロは交通事故で左腕を肘の上から失った直後、カリフォルニア大学サンディエゴ校の神経科学者V.S.ラマチャンドランに、失われた腕をまだ感じることができる、と話した。ラマチャンドランは調査することにした。彼はビクターに目を閉じてじっとさせ、綿棒でこの十代の若者の左頬を軽く撫でた。

「どこで感じますか？」とラマチャンドランが尋ねた。「左の頬」とビクターは答えた。「そして失われた手のひら。」ラマチャンドランは頬の別の場所を撫でた。「どこで感じる？」「失った親指の上」とビクターは答えた。ラマチャンドランはビクターの鼻と口の間の皮膚に触れた。「欠けている人差し指が撫でられている」とビクターは言った。左の鼻の穴すぐ下の箇所のせいで、少年は左の小指にピリピリした感覚を覚えた。そしてビクターが失った手にかゆみを感じた時、顔の下を掻くとかゆみが和らいだ。腕や脚を失った人の脳は再編成される、とラマチャンドランは結論づけた。顔からの入力を処理する大脳皮質の一帯が、今は失われている手からの入力を元来受け取っていた領域を引き継ぐのである。だからビクターの顔に触れると、脳が失なわれた手を「感じた」のである。

同様に足からの感覚を処理する大脳皮質の領域は、生殖器の表面からの感覚を処理する領域と重なっているため、足を失った人の中には、セックス中に幻覚を感じるという人もいる。ラマチャンドランの報告は、生きている人間が脳の再配線の結果を体験した最初の記録である。

思考について考える

神経可塑性の限界を探る科学者たちは、外界からの入力がなくても脳を再配線することが可能である、と発見しつつある。パスカル＝レオーネのバーチャル・ピアノ奏者のように、考えた結果として脳が変化しうる。これは健康にとって重要な意味を持つ。思考という一見実体のないものが脳そのものに影響を及ぼし、精神疾患を治療したり共感や思いやりの能力を高めたりする方法で、神経細胞のつながりを変化させることができるのだ。それは動かせないと思われている幸福のセットポイントを上昇させる可能性さえある。

例えばカリフォルニア大学ロサンゼルス校のジェフリー・シュワルツと同僚たちは一連の実験で、認知行動療法（CBT）が薬物と同じように強迫性障害（OCD）の根底にある回路の活動を静められることを発見した。シュワルツは、内的体験をあたかも他人に起こっているかのように観察する仏教の修行、マインドフルネス瞑想の治療的可能性に、興味を持ち始めていた。

OCD患者が強迫観念に悩まされている時、シュワルツはこう考えるよう指示した。「私の脳は新たな強迫観念を生み出している。それが故障した回路によって吐き出されたゴミに過ぎないことがわからないのか？」　10週間のマインドフルネスに基づいたセラピーの後、18人の患者のうち12人が著しく改善した。実験前後の脳スキャンでは、OCD回路の中核である眼窩前頭皮質の活動が劇的に低下しており、まさにOCDに有効な薬が脳に与える影響と同じであった。シュワルツはこれを 「自己指示的神経可塑性」と呼び、「意識は脳を変えることができる 」と結論づけた。

うつ病の治療に認知技術を用いる場合も同じである。トロント大学の科学者たちは、14人のうつ病の成人にCBTを受けさせた。CBTでは患者に、自分の考えを違った角度から見るよう指導する。例えばデートの失敗を「自分は決して愛されないだろう」ということの証拠ではなく、うまくいかなかった些細なこととしてとらえる、というように。他の13人の患者にはパロキセチン（抗うつ薬パキシルの一般的な種類）が投与された。全員が治療後に同等の改善を経験した。次に科学者たちは患者の脳をスキャンした。「我々の仮説は、治療がう

まくいけばどの治療を受けても脳は同じように変化する、というものでした」とトロントのジンデル・シーガルは語った。

しかしそうではなかった。うつ病の脳は2種類の治療法に対して、とても興味深い異なった反応を示したのだ。CBTは前頭皮質の過剰な活動を抑制した。前頭皮質は推論、論理、高次の思考をつかさどり、あの悲惨なデートについて延々と思い悩む場所でもある。それと対照的に、パロキセチンは前頭皮質の活動を高めた。一方、CBTは脳の感情中枢である大脳辺縁系の海馬の活動を高めた。パロキセチンはその活動を低下させた。トロントのヘレン・メイバーグはこう説明する。「認知療法は思考する脳である大脳皮質をターゲットにして、情報処理する方法を再構築し、思考パターンを変えます。反芻を減少させ、異なる思考回路を採用するよう脳を訓練するのです。」シュワルツのOCD患者と同様に、思考は脳の活動パターン、この場合はうつ病に関連したパターンを変えたのである。

幸福と瞑想

新しい方法で思考について考えることは、強迫性障害やうつ病のような病的な脳の状態だけでなく、正常な活動にも影響を与えるだろうか？それを調べるために、ウィスコンシン大学マディソン校の神経科学者リチャード・デビッドソンは、メンタルトレーニングのオリンピック選手である仏教僧に注目した。瞑想に1万時間以上を費やした僧侶もいる。デビッドソンは以前、左の前頭前野の活動が右より大きいことが、ベースラインの満足度の高さと相関することを発見していた。宝くじが当たろうが配偶者を失おうが、人はこのベースラインに戻る傾向があるため、左右の相対的な活動は幸福のセットポイントのマーカーと見なされるようになった。メンタルトレーニングが強迫性障害やうつ病に特徴的な活動を変化させるのであれば、瞑想やその他のメンタルトレーニングは、永続的な幸福感やその他ポジティブな感情の根底にある変化をもたらすのでは、とデイビッドソンは考えた。「感情、気分、そして思いやりのような状態を、訓練可能なメンタルスキルとして考えることができる、という仮説です。」

ダライ・ラマの助力と励ましを得て、デビッドソンは仏教僧をマディソンに集め、機能的磁気共鳴画像法（fMRI）装置の中で瞑想してもらい、その間のさまざまな精神状態における脳活動を測定した。比較のために、瞑想の経験はないが基本的なテクニックの速修講習を受けた学部生を使った。一般的な仏教の瞑想法として純粋な慈悲を養う間、自己と他者を分けて把握する脳の領域が、まるで瞑想経験者だけでなく初心者においても他者に心を開いているかのように静まることが、fMRIで示された。

さらに興味深かったのは、いわゆる熟練した瞑想者と初心者の違いである。熟練した瞑想者の場合、共感と母性愛に関連する脳ネットワークが著しく活性化した。慈悲の瞑想中に活性化する前頭葉領域から脳の感情領域への結合が瞑想の実践年数が長くなるほど強まり、まるで脳が思考と感情のより強固な結合を作り上げたかのようであった。

しかし、おそらく最も顕著な違いは、左前頭前皮質（幸福を示す活動部位）の領域にあった。仏教僧たちが慈悲の感情を生み出している間、左前頭前野の活動は、純粋な精神活動の時には見られない程度に、右前頭前野（否定的な気分に関連する）の活動より強くなった。それと異なり学部生の対照群では、前頭前野の左右にそのような差は見られなかった。これはポジティブな状態が訓練可能なスキルであることを示唆している、とデビッドソンは語っている。

仏教僧にとってもうつ病や強迫性障害の患者にとっても、自分の思考を特定の方法で考えるという意識的な行為が、脳を再編成した。神経可塑性の発見、とりわけ脳を変える意識の力については、科学者はおろか私たち一般人にとっても、その意味を完全に理解するにはまだ新しすぎる。しかし精神の病に対する新たな治療法を提供すると同時に、より根本的なこと、つまり人間である意味についての新たな理解をもたらすことが期待されている。

© 2007 Time Magazine