

特別寄稿・連載

『お手玉と前頭前野』

『お手玉が脳にとって良いのか否か』

第 7 回 お手玉はなぜ前頭前野に良いのか(令和元年 7 月)

脳科学者 森 昭 雄 (日本のお手玉の会顧問)

ここでは、前頭前野への入出力と脳に良い、および脳を悪化させる食べ物の項目からまとめたものになると思います。

前頭前野は、人間にとって最も大切な場所で、脳のいろいろな領域から前頭部に位置しているこの部位に投射されて、それらの情報を統合して、最終的に意思決定し、目的にあった行動をとるのであると思います。

前頭前野の部位とお手玉による部位への入出力

これまで、連載してきたように前頭前野は、オデコに近い領域で、そこを外側および内側前頭前野と底部前頭前野に分けることができます。これは、決まったことではありませんし、その研究者の自由です。ここでは、上記の分類に沿って、それぞれの部位の入出力の違いで述べたいと思います。

外側前頭前野の「背側部」は、頭頂連合野の空間位置に関与している部位から入力を受け、さらに「腹側部」は、物体の形と色の視覚的な情報が側頭葉下部からのそれぞれの入力があります。その「背側部」は、前捕足野や補足運動野へと最終的に運動野に出力して手足を動かします。

この領域は目から情報（最も後頭部）から頭頂連合野で空間位置を処理し、皮質一皮質投射で前頭前野に至り、また、腹側部位には、同時に耳から後頭部にかけて位置する側頭連合野（側頭葉の一部）からお手玉の形と色の情報が入り、運動出力が外側部の背側部から前捕足野や補足運動野に出力しています。

この領域が損傷によって運動が上手くいかなくなることが推定されます。意思決定がどの部位でやっているかは詳細なことは、まだ解明されていませんが、少なくとも前頭前野の左半球の 10 野が関係しているようです（前頭前野と学習を参照）。

また、この領域における外側の背側部は「記憶の保持」に関与していると考えられています。

お手玉を始めたら、この領域に存在している作業記憶が働き、運動前野の背側部が、運動のパターンに関与し、さらに運動の方向や大きさを上手にコントロールしていると考えら

れています。前頭前野は、「運動のモニタリング」をしながら運動連合野（補足運動野、前補足運動野、運動前野）を介して、最終的に運動野へと情報を送っているのではないかと考えられています。

実際に、お手玉が手のひらの皮膚に触れた瞬間、その感覚情報（興奮）は感覚神経を伝わり、脊髄から脳の前脚を介して最終的に反対側の大脳皮質体性感覚野の手領域に至ります。

その領域から前頭前野に皮質投射があり、そこで上にあげる高さの意思決定を行い、補足運動野など運動連合野を介して、運動野の手の出力細胞へ行きます。その情報は、瞬時に後頭部の視覚領域で確認し、その情報は、さらに瞬時に前頭前野へ投射され、直ちに運動補正します。その補正の情報は、前頭前野の外側部にある作業記憶に入り、次のお手玉の高さの決定を含めて、成功させるようにします。

また、前頭前野の底部と内側からの出力は、自律神経（自分の意思でコントロールできない神経系）に関係している視床下部（脳の下部位）にも出力しています。

実際に、お手玉を開始する前から緊張し、身体の筋肉中の動脈血管の拡張が起こり、運動開始準備状態をつくります。同時に心拍数、呼吸数および血圧の上昇、手足の精神発汗が生じます。

慣れていない場合は、過度に緊張（過緊張：アガル状況）して、一般的にいわれている頭の中が白くなって（ボーとなる）、運動が上手にいかない状態になります。呼吸数が増すことで、お手玉の上げるタイミングが狂ってしまうなど、失敗してしまいます。

血圧の上昇によって、顔面の皮膚血管の血液循環量が増し、赤面状況が起こります。しかし、経験を積むほどアガル状況は低下し、平常心でお手玉ができるようになります。これは、他の運動と同様です。また、運動に伴い状態でも精神的緊張でも起こります。

タモリさんの「笑っていいとも」でのこと

話は、少し脱線しますが、私が若いころ新宿の駅前にある「アルタ」のビルでタモリさんの全国ネットの生番組「笑っていいとも」に出演していたことがあります。それは、大学も近いので、各木曜日の昼休み時間、12時～13時まで約2カ月間と言うこともあり引き受けました。

身体のことと説明する「健康で行こう～」というコーナーでコメンテータをしていたことがありました。当時のレギュラー出演者は、タモリさん、東野幸治さん、田原俊彦さん、が出演していました。本番が始まって、いろいろなことにコメントしました。

初日、生番組が終了した時に、東野幸治さんから「アガル」ことがありませんでしたかと聞かれました。まったく「アガル」状況は、無かったと言うと、「どうして？」といわれたことを鮮明に覚えています。

それは、これまでに学会発表などで約100回行ってきたので、人前で話すことは慣れ、緊張しませんでした。と言うと、なるほどという言葉が返ってきました。この時、東野幸治

さんは、初めての生番組ということもあり、いろいろ気遣っていただいて、大変ありがたいと思えました。普通は過緊張となり、筋肉は硬直し、声が震え、ときには声がでないこともあるそうです。これは明らかに、視床下部から情報によって身体的変化が起こります。

私たちの脳のエネルギーは、全身の 20%を消費し、中でもミトコンドリアは、他の器官より圧倒的に多いのです。再三述べているように、脳の中でも前頭前野の細胞の「ミトコンドリア」が最も多く存在しているのです。

お手玉で脳の広い領域から前頭前野へ質投射

ミトコンドリアは、脳細胞を活動させるための ATP をつくり出すエネルギーの製造工場なのです。それが、酸素の有無でエネルギーの発生の違いが生じます。

また、前頭前野のニューロン以外にこれらに栄養や酸素の供給に関与しているグリア細胞が多く、常にエネルギーの酸素供給、栄養補給などを行っているのです。前頭前野のミトコンドリアは、大量な ATP からエネルギーを作り出すためには、酸素の供給が良くなるように、心拍数が上昇し、血圧を上げることで血液循環が速くなり、それによって運動の持続性

や集中力が増すもの推察されます。

ニューロンやミトコンドリアの適切な栄養補給による修復には、大変必要なことです。もしも、栄養不足であったら、これらは機能しなくなる可能性があります。例えば

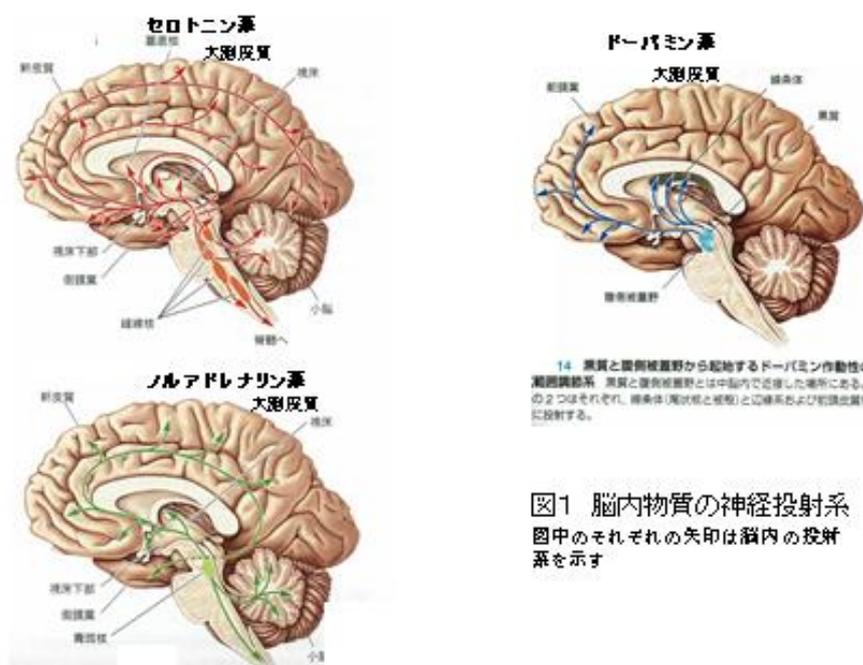


図1 脳内物質の神経投射系
 図中のそれぞれの矢印は脳内の投射系を示す

ば、細胞から伸びている神経線維を覆っている髄鞘（脂肪成分から形成されている絶縁体みたいな物）は、毎日摂取する食事から脂肪成分を髄鞘の補修に当てなければなりません。それには、バターなどは良いです。以前にも書きましたが、髄鞘があることで跳躍伝道が起こります。この伝度様式は、情報（神経線維の興奮）を伝えるのが速いのです。これが、ある個所が修復していなかったらスピードが鈍ってしまうと思いませんか？ 学習に関係しているシナプスの部分肥大化、数の増加にはタンパク質が必要になります。これらも、食事から摂取しなければなりません。特に、小さい子どもの時ほど栄養は重要になります。

お手玉をすることで脳の広い領域から前頭前野へ皮質投射があり、目からの情報による入力による補修、前頭前野での空間、運動出力の意思決定、記憶、集中力、予測などが関与していると思います。

昔から、理系の人は仕事合間にジャクリングを行うことが多いようです。ジャクリングをすることで脳内のセロトニンを分泌させて前頭前野の働きをよくさせると考えられています。セロトニンと言う物質は、脳内物質を安定させる働きがありそうです（図1）。以前にもこれと類似した図を出したことがあります再認ししてください。セロトニンの欠乏は、表情の低下や姿勢維持困難、痛み弱い、不眠症、自律神経系の乱れ、集中力低下などが生じやすいようです。図中のドーパミン神経は、前頭前野に投射があり、この末端からドーパミン物質が放出されて最初は達成感、幸福、満足に関係しますが、徐々にこれも薄れてきます。お手玉が成功したことよる喜びを得るために続けます。ここでは、脳内物質の話は、複雑になり過ぎるのでこの程度にしておきます。

お手玉によって、脳は間違いなく活性化します。特に、前頭前野は重要で人間らしく生きるためには健全にしておく必要があります。お手玉に歌が伴ったら聴覚が加わり、音のリズム合わせてお手玉をしなければなりません。

お手玉運動によって、脳の活性化は勿論のことで、それに伴って手足の筋運動、皮膚感覚情報、聴覚、視覚、集中力、運動学習、記憶能力、予測能力、前頭前野の意思決定能力などが高くなります。

NHKから朝の番組の取材で協力の依頼が

NHKから朝の番組でお手玉の取材をしたいので、実験をして欲しいといわれ、忙しいからと言って断ったのですが、再三の連絡で承諾しました。実際に放映された映像は見ていなかったですが、日本のお手玉の会のホームページに、その放送の内容を紹介した「たまちゃん通信」



パズルを解いている時(左)と、両手2個ゆりのお手玉をしている時(右)の「前頭前野」の映像。お手玉をしている時の方が「前頭前野」は活性化している
(NHKテレビ「あさイチ」『すごいぞお手玉』の映像から)

日本のお手玉の会新居浜支部

(この図は、日本のお手玉の会の資料から転載)

図2 お手玉による前頭前野の活性化

で、テレビの様子を知りました。(図2)

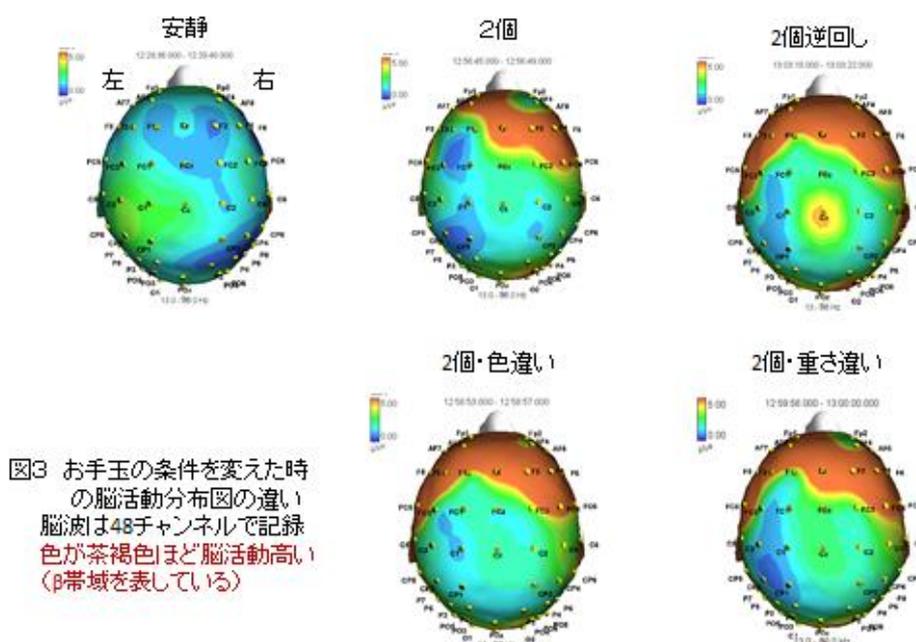
そこで、日本のお手玉の会に、「じつは、NHKから番組への協力依頼があり、実験を承諾したものです」とお話ししました。

その時、放映されなかったお手玉の資料も紹介しておきます。

課題は、2個のお手玉を使って、利き手からと、逆の手から回しの場合、色違いのお

手玉で行った場合、あるいは1個のお手玉を重くして行った場合などです（図3）。

もっとも前頭前野の活動性が大きく変化したのは、重さを変えた課題のときでした。お手玉は、2個であっても逆回し、色違いにするなどで、前頭前野が改善する可能性を強く示唆しました。



ピーター・フランクルやウィリアム王子も



写真1 ノーベル物理学賞を受賞したDr.ファイマンが3個でジャクリングを行っている

お手玉は、世界中で行われおり、理数系の人達にはジャクリングをする人が多いようです。

ピーター・フランクルはハンガリー人で、数学者で趣味はジャクリングをすることで、自ら大道芸人と言っています。ノーベル物理学賞を受賞したDr. ファイマンは仕事の合間、気分展開でジャクリングを行っていました。Dr. ファイマンは、朝倉振一郎とともに量子電磁力学でノーベル物理学賞を受賞しています（写真1）。

ウィリアム王子が東日本大地震災害で災害を受けた方々のお見舞いにお見えになった際に福島の施設で子どもたちにお手玉を披露し、子どもや大人も喜んでいる様子が写っています（写真2）。

Dr. ファイマンやウィリアム王子にしても、

指を開いて行っているのが分かります。お手玉の集中や意思決定は、前頭前野が重要であることは何度もいっているように関与しています。指を開くことでお手玉を受けやすくするためには自然と行っているのです。

このことは、大脳皮質運動野から指を開くための運動命令が脊髄を介して行い、そこからの皮膚、筋肉から感覚情報が脊髄を介して、脳にフィードバックされ体性感覚野に入り、さらに脳幹網様体、視床、前頭前野や運動野、小脳等が活性化します。

さらに、視覚情報によってお手玉の受ける位置や高さの補正などを行っています。お手玉の場合は音の情報によって聴覚野も活性化されます。



写真2 ウィリアム王子は5個でお手玉を行っている。達人？ 全員笑顔がとてもよく、ストレス解消にいい

ドーパミンは中枢神経系に存在する神経伝達物質

ドーパミン(ドパミン:薬理学用語)は、中枢神経系に存在する神経伝達物質であります。一般的には、快の感情、学習、意欲に関係しているようです。モノアミン神経伝達物質と呼ばれているのは、ドーパミンを指しています。

ノルアドレナリンは、脳の橋(きょう)にある青斑核にノルアドレナリン作動性神経細胞が多く存在し、そこから脳の全領域に神経を伸ばし、末端からノルアドレナリンが放出されます。これは、ストレスや覚醒-睡眠に関係し、それ以外でも注意、記憶や学習などにも影響していると考えられています。モノアミンあるいはカテコールアミンの仲間が、ノルアドレナリンなのです。

ここでは図を示していないが、アドレナリンは、脳の延髄にアドレナリン作動性神経細胞が多く存在し、体温調節やストレス応答、摂食行動、睡眠・覚醒などの生理機能を協調して総合的に管理しています。

そこから上行性投射経路として視床下部(間脳に位置し、内分泌や自律機能の調節を行っている総合中枢として考えられています。脳重量の約0.3%、約4gの中枢が中脳以下の自律神経を司っている中枢が呼吸、血液循環、発汗や視床下部の自律神経や内分泌の調節で生体の恒常性維持(内部環境が一定になるように)に大切な働きをしています。(つづく)