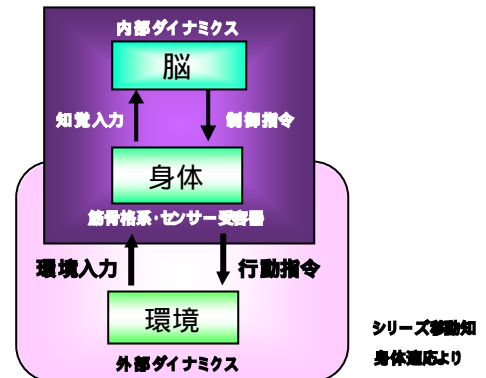


中枢神経疾患のリハビリテーション
上肢と手の治療

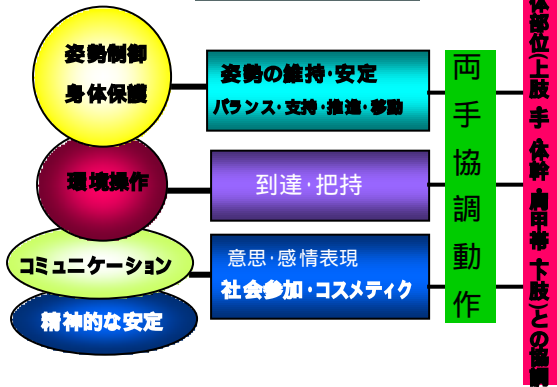


誠愛リハビリテーション病院 2011年9月
 誠愛リハビリテーション病院 林 克樹

脳—身体—環境



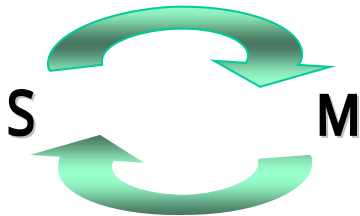
上肢・手機能



**中枢神経疾患の機能と
 リハビリテーション**



中枢神経系 CNS



手は感覚と運動の器官である
 久保田 鏡 手と脳より

姿勢と運動制御

我々は姿勢と運動の変化を通して、あらゆる環境場面と環境の変化に対して適応している。

二つの適応能力

環境への自己身体の適応

環境操作による適応

知覚・認知 → 学習

- 神経損傷を受けている多くの患者は、リーチと把握の両方が障害を受けており、このことは上肢を制御する多重システムに機能不全があることを反映している。

Motor control Anne Shumway-cook
Marjorie H. Woollacott p502

姿勢制御システム

- 姿勢制御は固体が運動課題と環境と交流することにより生じる。さらに空間にある自分の身体位置を制御する能力が筋骨格系と神経系の複雑な交流から生まれ、これらを統合的に姿勢システムと呼んでいる。

Motor control Anne Shumway-cook
Marjorie H. Woollacott p502

上肢機能の治療

- 上肢機能は微細運動と粗大運動の両方のスキルが統合されたものであり、上肢機能の回復は運動制御を障害された患者の訓練や再訓練にとって重要な側面とともに、リハビリテーションの範囲に属する重要なものであり、理学療法と作業療法が関与するものである。

Motor control Anne Shumway-cook
Marjorie H. Woollacott p500

リーチ運動・把持、物品操作要素の制御に必要な神経系の要素

- 運動処理過程: 目と頭、そして腕の運動協調とリーチにおける移送と把持の両面の強調
- 知覚処理過程: 視覚系、前庭系、体性感覚系の協調、
- 行動に対する感覚系マッピングにとって重要な内部表象
- 物品操作機能と予測の側面に必須の高次処理過程

Motor control Anne Shumway-cook
Marjorie H. Woollacott p449

運動と認知を結ぶ身体

- 身体は人間の行動の出力を担っている。
- 運動制御システムが、認知過程にもかかわっているらしい事が明らかになってきている。
- 自己の認識についても、運動制御のシステムとは切り離せない。
- 運動の結果によって得られた姿勢や運動感覚は運動制御に必要なフィードバック情報であるとともに、これをもとに身体の意識が形成され、自己意識の基礎になる。

村田哲 シリーズ移動地 第3巻環境適応 2010

姿勢制御と身体イメージ

- 運動をコントロールする場合は、対象や周りの空間情報などの絶対空間的な座標系(外界を中心とした座標系)の情報のほかに、自己の身体の構造、自己の身体の部分、その位置、姿勢、および周囲の空間(Peripersonal space)との関係つまり自己身体中心的な座標系の情報が必要である。こうした身体についてダイナミックな意識を身体感覚、身体イメージないし身体図式と呼ぶ。

ロボット情報学ハンドブックより 村田哲

脳の機能回復とリハビリテーション



サンティアゴ・ラモン・イ・カハール (スペイン)

神経解剖学者 1852年 - 1934年

1906年 ノーベル賞受賞

(神経系の構造研究・ニューロン説)

損傷した神経細胞は再生しない。

損傷した脳は回復しない



損傷した脳の機能は回復する。

残存神経細胞は、可塑的に変化して機能を補う

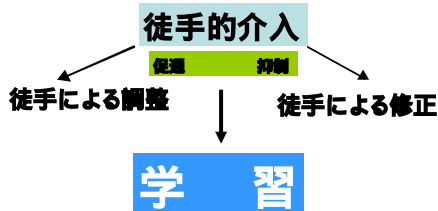
神経リハビリテーション (ニューロ・リハビリテーション)

脳の仕組みに着目し、機能回復を促進しようという立場に立ったリハビリテーションにより機能的再構成を図る。

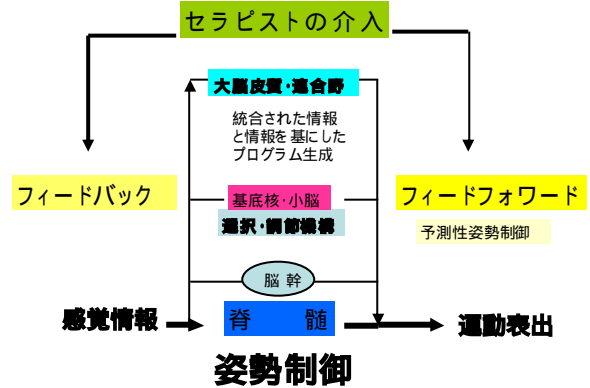
脳から見たリハビリ治療
久保田 誠・高井 より

Key points of control

姿勢や運動を調整すると同時に、より正常な姿勢や運動を促進する身体の一部セラピストがそこから運動のつながりを制御するあるいは反応の促進や抑制をする場所



適応的姿勢制御



運動のフィードバックについて

手や足が動く感覚は運動感覚といわれ、運動のフィードバック情報として極めて重要な役割を果たす情報である。

この情報は主に筋骨格系にある筋紡錘や関節受容器などのセンサーから送られ、運動フィードバック情報は脳内の体性感覚領域で主に処理されていると考えられていた。

近年運動感覚情報は運動皮質、運動前野、補足運動野、小脳、大脳基底核など運動領域で処理されていることが明らかになった。

運動実行とフィードバック情報処理が運動領域内の同一部位で行われている

運動と高次神経機能より

到達動作時の姿勢制御



支持機能とバランス機能
体幹と上肢・下肢の協調

運動の2側面

“随意的な運動”と“非随意的な運動”

運動には随意運動とこれに伴う非随意的運動がある。後者の代表は脊髄反射、姿勢反射や歩行時のリズムミカルな上下肢の運動などである。

我々は外界状況や意志、欲求に基づいて行動する。そのパターンは意志や感情、情動により異なる。

高草木より

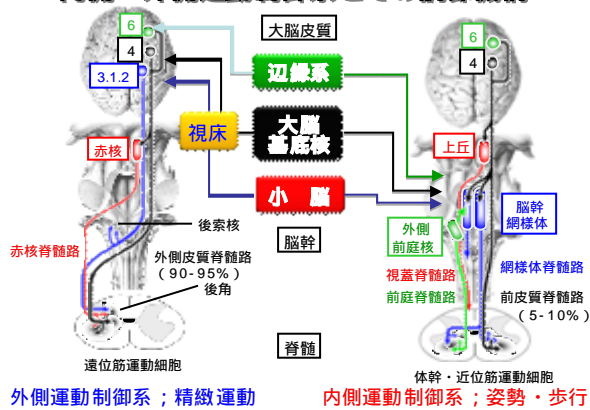


物品操作の制御

- 物品操作の制御には、反射運動、随意運動の両方とフィードバック、フィードフォワードの両過程を伴っている。

Motor control Anne Shumway-cook
Marjorie H. Woollacott p449

内側・外側運動制御系とその調節機構

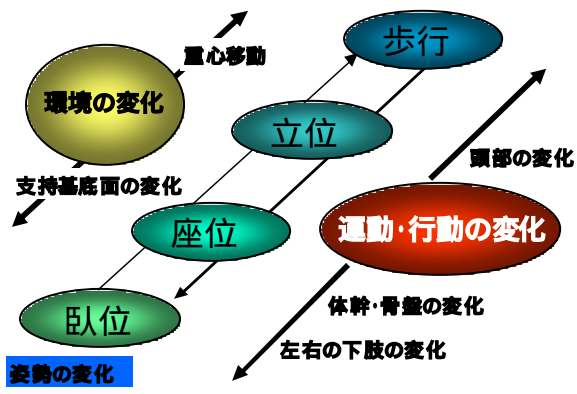


手の巧みな動きの制御

- つまみ動作を行っているサルの脊髄神経から、脊髄の介在細胞にいくつかの指の動きを協調させている神経が多数存在することが発見された。

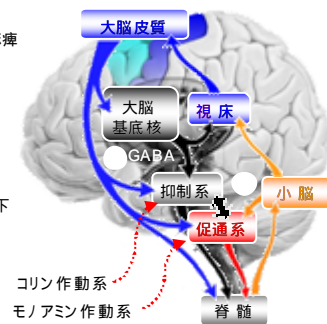
関和彦 より 2010

学習するために……

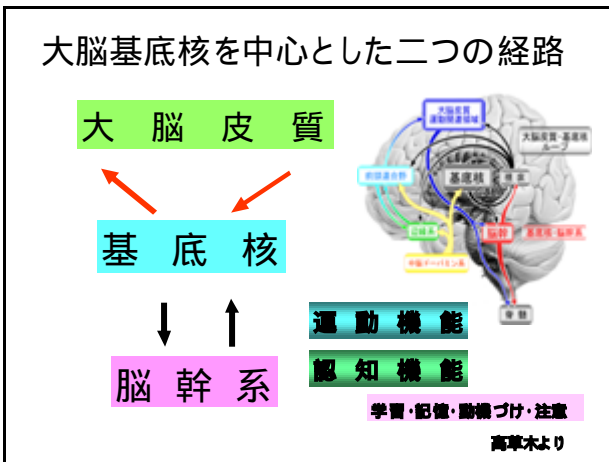
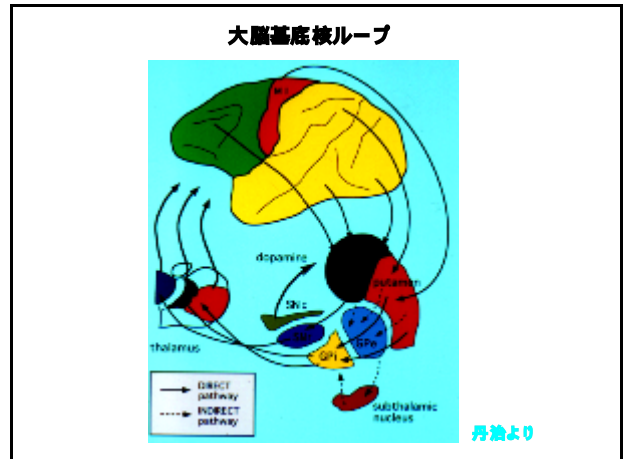
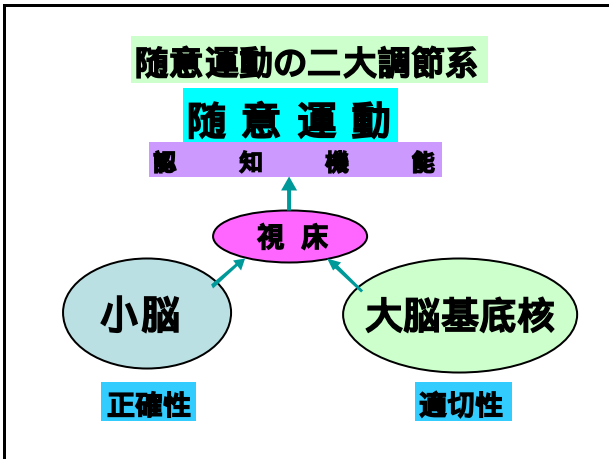


筋緊張の異常

- 大脳皮質の障害
体部位局在に対応する運動麻痺と痙縮 (Spasticity)
- 基底核の障害
基底核出力の亢進
抑制系を抑制
促進系の亢進
筋緊張亢進；固縮 (Rigidity)
- 基底核出力の低下
抑制系を促進；筋緊張低下
- 小脳の障害
促進系の活動が低下
筋緊張低下
- 脳幹の神経伝達物質の異常



高草木より



- ### 大脳基底核
- 運動に適切性を与える
 - 状況と環境に適応した動作を形成
 - 状況に適応した習慣形成
 - 新たな環境適応

- ### 大脳基底核の運動行動に関わる機能
- 行動と運動の選択
 - 適切さを基準とする運動
 - 手続き学習
 - 運動の手がかり情報
 - 運動の選択条件
 - 運動の順序と組み合わせ
 - 運動の意味
- 丹治より

- ### 姿勢制御
- 姿勢制御はすべての運動に先行する。**
- 大脳基底核: 予測的姿勢制御・リアルタイムの姿勢制御の双方の姿勢制御のプロセスに関与する
- 適応的運動の実現には予測的姿勢制御と感覚情報の変化に基づくリアルタイムの姿勢制御が必要
- 予測的姿勢制御: 大脳皮質-網様体脊髄路、大脳皮質-小脳
- リアルタイムの姿勢制御: 大脳-小脳-脊髄連関、筋緊張制御系(大脳基底核-脳幹投射系)
- 高草木より

大脳基底核の姿勢制御への働き

- 予測的運動プログラムは大脳皮質・基底核・小脳ループで生成される。
- リアルタイムの運動制御は脊髄・脳幹・小脳で行われる。基底核は、基底核-脳幹投射系による筋緊張レベルを制御してリアルタイムの運動制御に関与する。
- 行動計画や運動プログラムの生成は大脳基底核が関与する。
- 報酬予測や強化学習の獲得に大脳皮質-基底核ループによる予測的運動制御のプロセスが強く関与する。

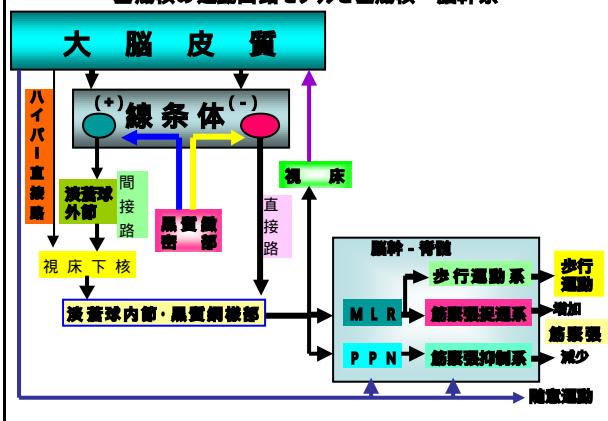
高草木より

大脳基底核の機能

- 随意的な運動や手順の記憶の制御から、より複雑で認知的報酬を得るための行動計画にいたるまで、大脳基底核は報酬にいたる目的志向的な行動系列の生成と学習に関係すると考えられている
- 運動実行や計画に関わり、報酬を得るための行動などの、目的志向行動を形成するために重要な役割を担うと考えられる

飯島和幸 強化学習と大脳基底核 CREST

基底核の運動回路モデルと基底核 - 脳幹系



運動の手続き

- 線条体は大脳皮質からグルタミン酸作動性の興奮性入力を受けている。一方黒質緻密部のドーパミン作動性ニューロンも運動がどれほど望ましい結果をもたらしているかの情報を表現している。このドーパミン作動性入力によって大脳皮質から線条体ニューロンへのシナプス効率が変化し望ましい運動だけが強化される。線条体の神経情報はさらに淡蒼球、視床下核で処理され視床を介して大脳皮質に投射し望ましい運動が選択される。

南部 Clinical Neuroscience 2011

大脳基底核の機能

- 運動が適切に発現するように調節する仕組み
- 随意的運動と自動性の高い運動の制御
- 自己の状態と自己を取り巻く外界の情報を受容しその状況に適合した運動の発現を促し、それに合わない運動を抑制するシステム
- 感覚情報と運動発現を適合することを学習する機構
- 特定の感覚を認識したとき、あるいは新しい状況に遭遇した際に、適切な運動を選択して行うことを学習し、それが行動のレパートリーとなるように、脳内部にある神経回路の特性を変えることに関与する。

脳と運動 丹治 2009.10

小脳は脳幹、脊髄の反射、複合運動、生得的行動、大脳皮質の感覚機能、大脳連合野の五つ機能系につながって適応機能を与える。

1. 反射の適応
2. 複合運動の適応
歩行 四肢の協調の取れた巧みな歩行
サッケード
3. 生得的行動の学習
小脳室頂核を刺激すると情動反応が起きる
4. 大脳感覚運動機能における小脳の役割
視覚フィードバックなしでも正確に、円滑に、迅速に、運動するよう学習し、獲得した熟練を維持する役割
小脳がモデルを提供し予測を可能にする。

小脳の認知への関与

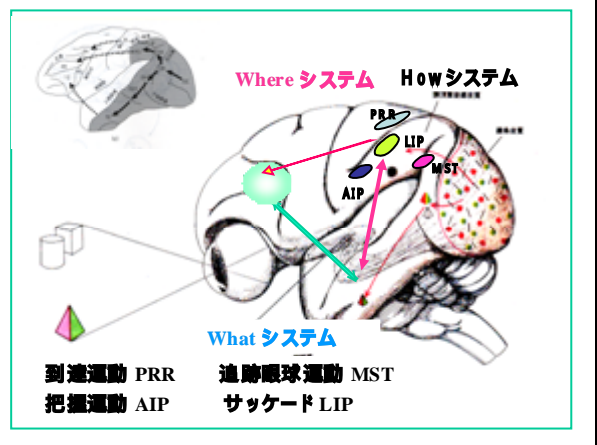
新奇的な道具の使い方学習

言語性・非言語性知能

記憶

前頭葉機能

精神機能の発達



頭頂間溝内の領域



AIP: オブジェクトの把持などの運動、物体操作に必要な情報を含んでいる
視覚的注意、サッケード、把握運動と手操作運動の視覚的制御

VIP: 自己身体や身体周辺の空間をコード・他者の身体の認識

CIP: 立体視に基づいた奥行き知覚

MIP: 到達運動で活動する領域、道具使用関する領域、近接空間での運動調節、能動的な手の到達運動

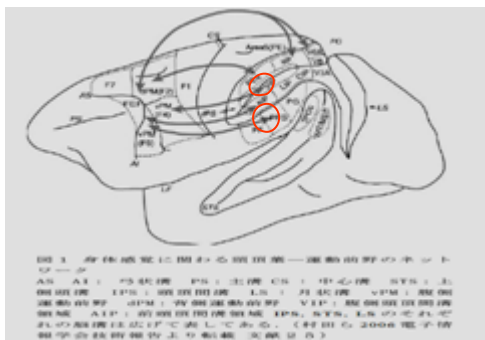
LIP: 視覚的注意、サッケード、遅延、記憶、準備に関する持続的な活動

頭頂葉と運動前野の役割

- 頭頂葉で処理された情報は、自分自身と自己を取り巻く周囲の世界を認知することに使われるが、同時にその情報は、固体が外界に働きかける動作を行うために欠くことのできない情報でもある。

脳と運動 丹治順

身体感覚に関わる頭頂葉 - 運動前野のネットワーク



自己認識に関わるミラーニューロンシステム

村田哲 2007

姿勢制御と身体イメージ

- 運動をコントロールする場合は、対象や周りの空間情報などの絶対空間的な座標系(外界を中心とした座標系)の情報ほかに、自己の身体の構造、自己の身体の部分、その位置、姿勢、および周囲の空間 (Peripersonal space)との関係つまり自己身体中心的な座標系の情報が必要である。こうした身体についてダイナミックな意識を身体感覚、身体イメージないし身体図式と呼ぶ。

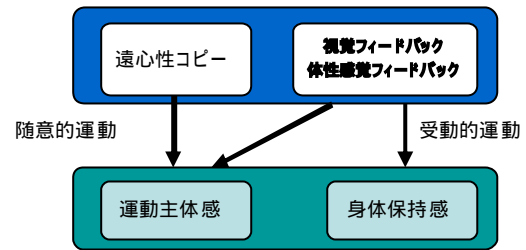
ロボット情報学ハンドブックより 村田哲

身体の保持感と自己の運動の主体感

- 運動するには正しく身体が認識されなければならない。運動にかかわるシステムと身体との認識に関する両システムは密接に関わる。
- 自己の身体感覚には、自己の身体の一部が自分に属しているという身体の保持感と自分の運動を遂行しているという自己の運動の主体感がある。

村田賢 シリーズ移動地 第3巻環境意識 2010

自己身体意識につながる運動主体感と身体保持感のための要素



身体保持感:自己の身体が自分に属しているという身体感覚

運動主体感:身体の一部を動かす場合のその運動の実行者としての感覚

村田賢 シリーズ移動地 第3巻環境意識 2010

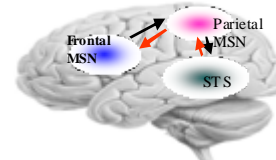
運動前野F5のミラーニューロン

- F5の細胞には他の個体がえさを取っているところを見せたときに反応し、実験者がえさをとるのを見たときに反応と実際にさがるが自分でえさをとったときに活動する細胞がある。このようなニューロンは相手の動作を映すという意味でミラーニューロンと呼ばれている。
Rizzolatti G 1996
- F5にある手の運動を引き出す方法として対象をきっかけとする場合と動作をきっかけとする場合が考えられるが、共通の回路網を使っている。

1998 田村 神経研究の進歩

- 頭頂葉ではAIP、7bの領域で見つかった

前頭頭頂葉ミラーニューロンシステム



STS(上側頭溝の後部)は類似する運動によって起こる感覚変化の予測、観察した運動の視覚情報を統合しその情報を両方のミラーニューロンシステムに送る。また、動作を真似るときには46野、運動の準備に関する6野の内側、補足運動野、前帯状運動野が働くとされる。また、社会コミュニケーションの際も働く

人では44野がミラーニューロンシステムの最高中枢

2008 久保田より

脳バースジャーナル

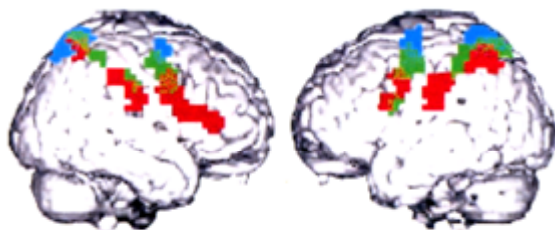


図4 操作対象に関連した手の動きを見たときに活動する領域
赤:口の運動、緑:手の運動、青:足の運動を見たときに活動する。運動前野にも中心後溝-頭頂頭頂領域にも、同じような体部位再現がある(Buccino, 2001を改変)。

操作対象に関連した手の動きを見たときに活動する領域

ミラーニューロンシステムの臨床への応用

- やってみせる
- 一緒にやる
- 言葉だけではなく、徒手介介入を加える
- 患者にやらせる

考える時間を少しとる
ほめて(腹側被蓋野からのドーパミン)

