

脳卒中患者の機能回復のための基本ハンドリング



誠愛リハビリテーション病院

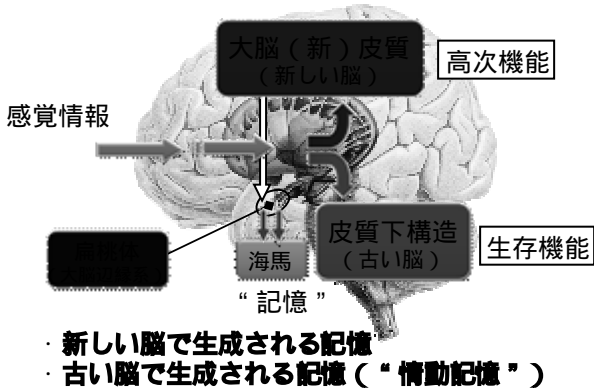
2010年12月

林克樹

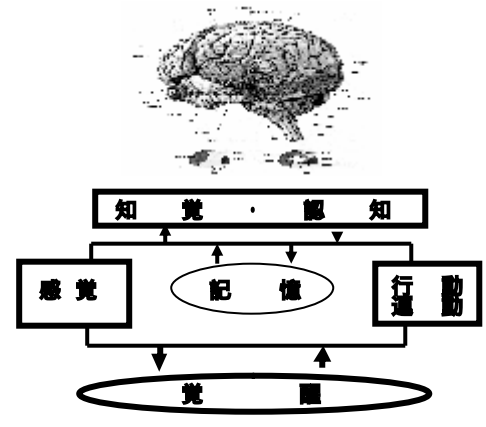
中枢神経疾患の問題点



感覚情報は“二つの記憶”を残す



高草木より 2009/6/27 講演



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

脳の機能回復



学習をどのように援助するか

より良い環境の提供

補助・補正

代行作用 (Vicariation)

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り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・宮井より

運動の2側面

“随意的な運動”と“非随意的な運動”

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。

運動には随意運動とこれに随伴する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カルな上下肢の運動などである。

“姿勢と運動”

運動には「姿勢」と「運動」の二側面がある。前者は体幹・四肢の位置を重心と関連して適切に保持する静的過程である。

後者は身体を動かす動的過程である。双方の協調・統合により適切な運動が現れる。

Posture follows movements like a shadow. S.C. Sherrington (1906)



高草木より
高草木薫員より

4つの運動のレベルの協調

自動化されていない運動

局面・状況・要求に対応した運動

自動化された運動

随意的選択・意識的制御

汎用性運動

学習によってつくられた運動

複合運動・生得的行動

歩行・咀嚼・呼吸発声・嚥下

サッカー・漁船・野球運動

反射運動

パターン化された運動

丹治より

階層処理 ↔ 並列的処理 — 重層的処理

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

CENTRAL POSTURAL CONTROL MECHANISM

人が効果的な方法で一つのpostural set からpostural set に移行することを可能にする。

Automaticなレベルで遂行される。

パターンで遂行される。

身体を保護する。

機能的なスキルを達成するために選択的な動きを可能にする。

中枢神経機構はシステムとして機能し、運動の制御のみならず運動に先行、随伴、そしてその後続く一連の姿勢制御に重要な役割を果たす。

Sherrington

姿勢は運動に対して影のようにつきまとう

Posture follows movements like a shadow

運動の制御 ブレインサイエンス 森茂興より

姿勢制御

- 姿勢筋緊張の設定
- 姿勢反射の制御
- 姿勢の平衡機能の調節

基本的姿勢制御(姿勢反射や姿勢筋緊張)の神経機構は脳幹と脊髄に存在する。しかし、予測困難な状況に際してリアルタイムに姿勢を制御するためには、中枢神経系における神経回路の活動の状態変更と積極的な身体の内環境からの感覚情報の取り込みを余儀なくされる。

予測的運動過程

- Brooksは、姿勢制御は目的とする随意運動機能を実現するための予測的運動過程と述べている。
- 予測的運動過程は、大脳皮質と大脳基底核、小脳とを結ぶ認知ループと運動ループの働きにより生成される運動プログラムを必要とする。

2010年 BRAIN and NERVE
脳幹・脊髄の神経機構と歩行 高草木 より

座位から立ち上がりのKey points

靴下を着脱する際のバランス

靴下を履く

Central Postural Control Mechanism

Postural tone
Reciprpal Innervation
Patterns
Sensory and Prploceptive controls



正常中枢性姿勢制御機構

Central Postural Control Mechanism

中枢神経による姿勢調節メカニズム

姿勢トーン

Postural Tone

相反神経支配

Reciprocal Innervation

多様な運動パターン
Various Selective Movements

Sensory and Proprioceptive Controls

SENSORY AND PROPRIOSEPTIVE CONTROLS

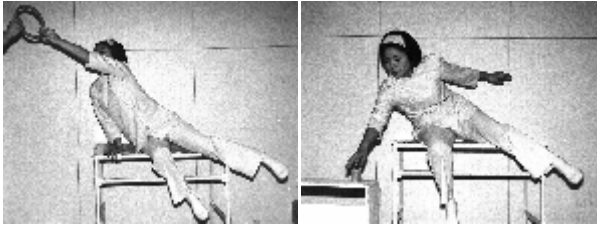
これらは中枢システムが効果的な目的、機能を達成するために、外界からの情報を選択的に受理し、統合し、個々の運動行動の適応性によって環境に適応することを可能にする。

局所的運動と他の部位との関連

運動がどんなに局所的なものであれ、それが独自に誘発されることはない。必ず残りの身体の運動を伴う。

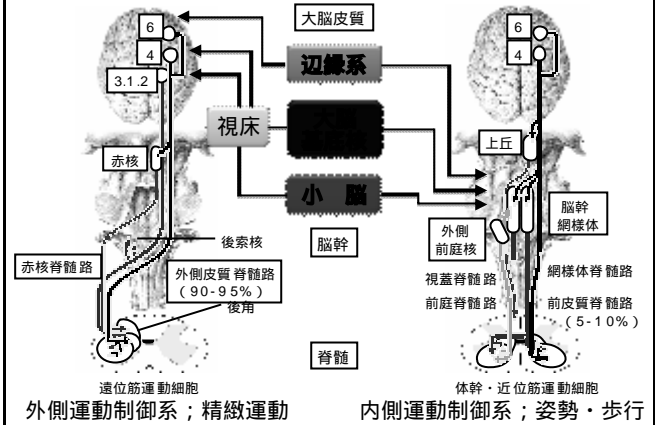
尾崎・工藤より
運動の神経科学より 2000年

到達動作時の対側のUpper Limb機能

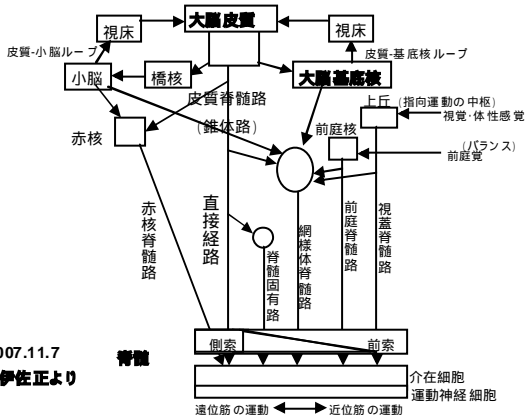


支持機能とバランス機能
体幹と上肢・下肢の協調

内側・外側運動制御系とその調節機構

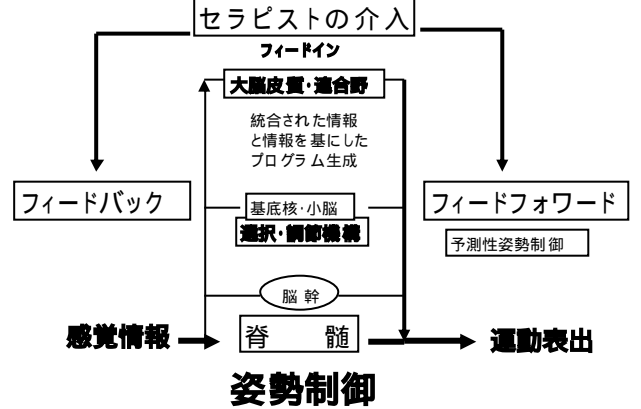


姿勢と運動制御にかかわる各Tract



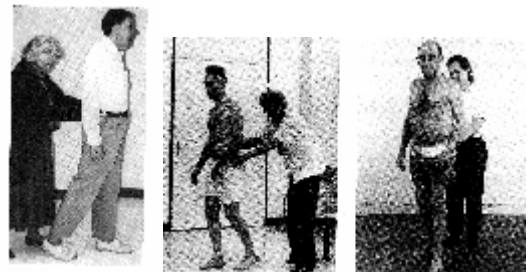
2007.11.7
伊佐正より

適応的姿勢制御



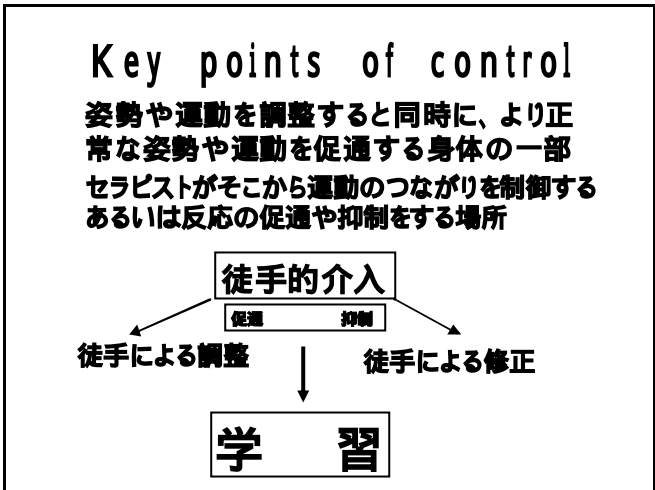
学習のために

- 問題解決のために環境を変える
- フィードバック・フィードフォワードの方法を考える
フィードバックはSensoryが伝わることでおこる
フィードフォワードは出力のための準備段階が重要
- 一つのタスクでいろんな経験をさせる
- ひとつのセッションで一つのタスクにする
- 課題は環境に似て(環境に般化するもの)、環境に移行できないといけない
- 学習のはじめはたくさんの正常に近いfeedbackが必要
- 患者さんが理解することを教える
- 代償について考える(代償は何かが欠けているときに起きる)
- バランスのために選択性(選択的動き)、先行随伴性姿勢調節が必要



Anne Shum way-Coo k
Marjorie H.Woolacott
Motor Control より 2001年

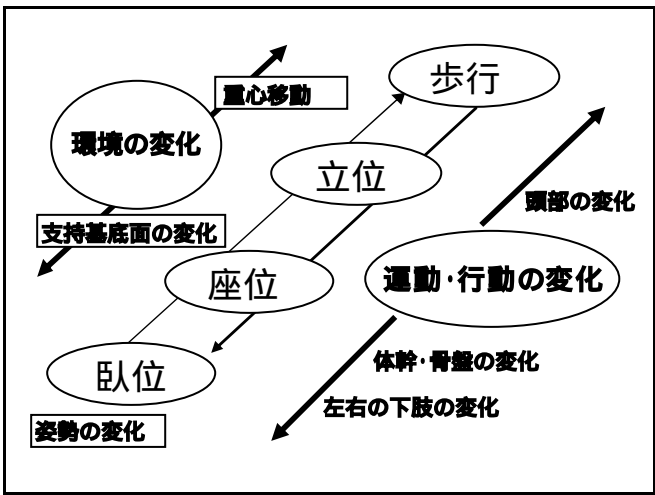
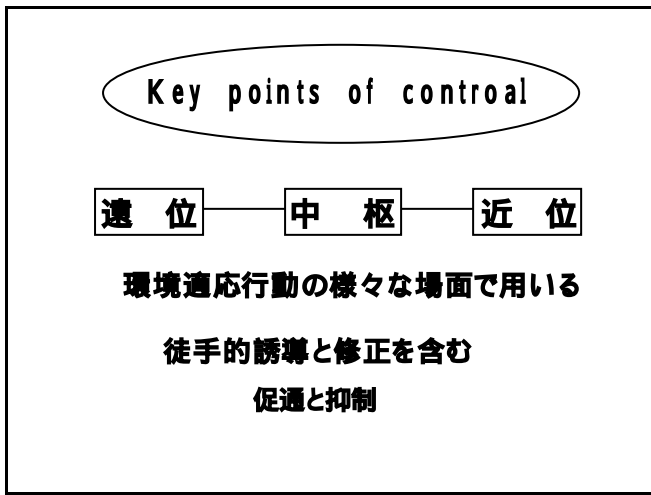
歩行しながら身体を調整させると両下肢の外装が引き出され、バランス及び歩行パターンが改善される。
成人脳麻痺の評価と治療
Bobathアプローチ 1972



TIPs Tone Influencing Patterns

より正常なパターンへと導くために異常な運動パターンを修正し、過緊張を減弱しその出現を予防したり、低緊張を高めるために使われる正常な運動パターン

- ### 実際の問題解決に目を向け取り組む
- ゴールセッティング**
- 患者は何がしたいか
 - 何ができるか
 - ゴールに必要なコンポーネントを分析し、どのようなコンポーネントが足りないか探す、今日できるコンポーネントを探す
 - メインの問題を明らかにする
 - 患者の治療姿勢・課題を探す
 - 患者の学習の過程を探す、学習のプロセスを考える
 - メジャメントを見つける(患者にとって適切か? ゴールに向かった評価を探す)
 - 患者がどう理解しているかチェックする



筋緊張とは何か？

- Postural muscle tone is defined as tonic muscular tension that permits standing.

姿勢筋緊張とは起立することを可能にする
“持続的な筋張力”

姿勢筋緊張

高草木薫 より

1野・2野のニューロンは、皮膚・関節・筋膜の機械受容器の圧迫によって、興奮する。触覚刺激によるものではない。

2006年 ボバースジャーナル
久保田 競 より

POSTURAL SET

姿勢と姿勢との間が重要

患者は非対称姿勢をとることが難しい

アライメントを取り戻すようにチャレンジする。

重力は運動をアシストしている。

POSTURAL SET の範囲で運動のゴールを達成するために選択運動は進行される。

運動の準備

外部の信号を検地してから運動の実行までのさまざまな過程

運動の記憶

運動の選択

運動のプログラムの過程

運動の計画、構成

運動の準備は運動プログラミングや神経回路の機能的な調節過程が含まれる。

準備状態では大脳皮質から脊髄の神経回路網の往復性の調節が行われている

予測的運動行動

予測的行動は大脳基底核によって支えられている

記憶依存のあるいは予測的なニューロン活動は補足運動野や前頭連合野で観察される

価値判断は辺縁系(扁桃体や海馬)から線条体への入力

脳の科学 彦坂より

予測的姿勢調節

Anticipatory Postural Adjustments

**随意運動の予測される妨げに対して身体を備える。
フィードフォワード姿勢調節**

準備的姿勢調節 preparatory Apa(pApa)は、運動に100ミリ秒先行して生じる。

随伴的姿勢調節 accompanying Apa(aApa)は、運動時に生じるものであり、運動時に身体あるいは身体部位を安定させるものである。

経験依存性であり、学習された反応である。

フィードバック反応によって修正される

座位から立ち上がりの Key points

たくさんのKey pointsがある



座位からの立ち上がりの
Key Points of control



BASE OF SUPPORT

身体の一部が接している支持面

接触している部分とその他の身体部分
が支持面と適切に相互に作用し
あっている場合での

リファレンスポイント

その姿勢自身においての姿勢から姿勢へ移
行する際の接している部位

支持基底面

Base of Support

BOS

支持基底面は人が環境から求
心性の情報と対話する支持の表
面である。これは固有感覚と同
様に認知を含む。

Frame of reference(参照枠)

- 脳が空間を認識する際に基準となる
枠組み
- 自己を基準とする参照枠
- 決められた場所を基準とする参照枠
- その物体を基準とする参照枠

身体運動学 樋口・森岡 2008.11より

支持基底面に対する正確な重心移動



CPGに影響を与える要因

上位中枢入力

求心性フィードバックのタイプとその大きさ

四肢や体幹の位置

ヒトの動きの神経科学より

筋緊張の調整の必要性

運動指令を正しく遂行するためには、基礎となる筋緊張(トーン)のレベルが適切に保たれていなくてはならない。

運動の神経科学より 2000年

筋緊張の制御 (上位中枢と神経伝達物質)

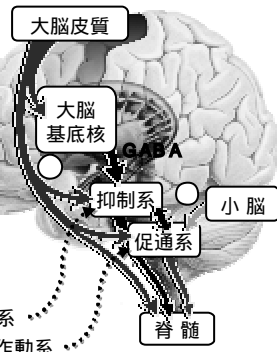
上位中枢は、抑制系と促進系に作用して筋緊張を制御する

大脳皮質; 抑制系・促進系
大脳基底核; 抑制系を抑制
小脳; 促進系 (前庭脊髄路)

神経伝達物質の作用により筋緊張レベルは変化する

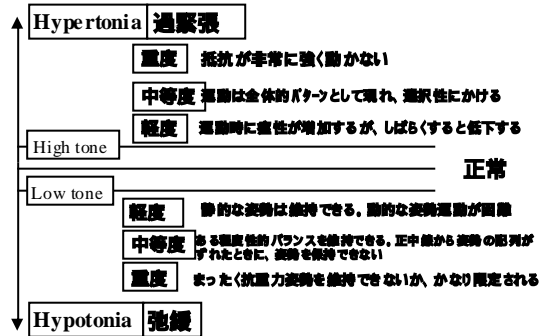
コリン作動系; 抑制系
モノアミン作動系; 促進系

コリン作動系
モノアミン作動系



高草木より

筋緊張の分類



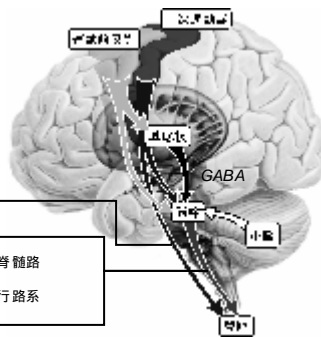
ヒトの筋緊張制御系

筋緊張は促進系と抑制系のバランスで制御される。

上位脳(大脳皮質・基底核・小脳)や脳幹のコリン作動系・モノアミン作動系は促進系と抑制系の興奮性を調節する。

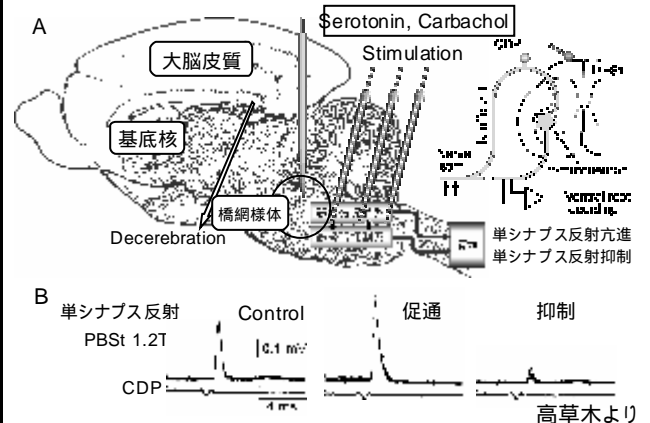
上位中枢や神経伝達物質の障害は筋緊張の異常を誘発する。

皮質脊髄路
筋緊張促進系
促進性網様体脊髄路
前庭脊髄路
モノアミン下行路系
筋緊張抑制系
抑制性網様体脊髄路



高草木より

筋緊張制御における橋網様体の役割



高草木より

筋緊張の制御

- 筋緊張を抑制する介在細胞
 - 延髄網様体から興奮性入力を受ける
 - 屈曲反射経路から抑制を受ける
 - I群線維から、しばしば単シナプス性興奮性入力を受ける
- 筋緊張抑制系は脊髄反射弓の活動を抑制する
 - 運動細胞(運動出力系)を抑制する
 - 介在細胞群(統合系)を抑制する
 - 求心性線維(感覚入力系)を抑制する

筋緊張とは、脊髄反射弓の興奮性である

高草木薫資料より

CPG system

成人のCPGは脊髄の運動プログラムで構成されている。

CPGは脊髄介在ニューロンからなる神経回路網と考えられている。

繰り返しおこる共通運動のニューロン網でつくられている。

反射ではないが一定のパターンがある。

皮質コントロール、抹消入力により調整される。

Pattern generation

大脳皮質

Pattern generator

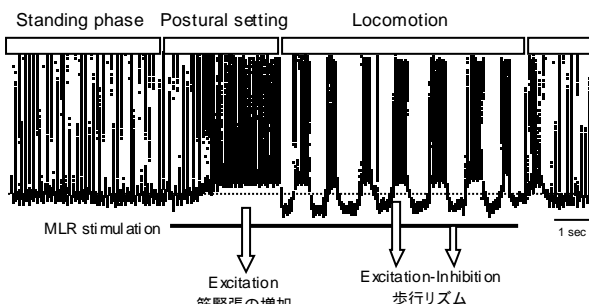
反射

外環境からの刺激

歩行運動は、筋トーンレベルがある臨界値より大きくなると誘発され、より小さくなると停止する。

ヒトの動きの神経科学より

歩行と筋緊張・リズム生成 (ヒラメ筋運動細胞)



歩行運動には、筋緊張を制御する仕組みと歩行リズムを生成する仕組みが必要
歩行リズムの生成には、筋活動を増加させる仕組みと低下させる仕組みが必要
高草木より

運動野の作用

脳に目的性を保つ・意味を持って働く

- 運動の出力形成(運動パターンの形成)
 - 運動細胞
 - 介在細胞(ニューロネットワークを使う)
- 運動のパラメータを出力
- 反射の制御
- 体性感覚入力の制御
- 他中枢へのフィードバック

丹治より

運動野の作用

脳に目的性を保つ・意味を持って働く

- ・運動の出力形成(運動パターンの形成)
 - 運動細胞
 - 介在細胞(ニューロネットワークを使う)
 - ・運動のパラメータを出力
 - ・反射の制御
 - ・体性感覚入力の制御
- (入力の調節を gating として知られ運動によって生じるであろう感覚入力が増減され情報を取捨選択している 或より運動と高次機能)
- ・他中枢へのフィードバック

丹治より

新・旧運動野

運動野は系統発生的に新旧の二つに分けられる

新運動野:MIニューロンの軸索を下降して、直接的に単シナプスで接続し手の指一本ずつ動かす動作をするときの
上肢帯の筋肉群、顔面筋を収縮させる。(早く動かす・精密把握・道具を使う)

旧運動野:MIニューロンの軸索を下降して、介在ニューロンを介して間接的に運動ニューロンに多シナプスで接続する、
中心溝より前で皮質表面にある(ブロードマン4野、6野)、
手首を動かす動作をする筋群を収縮させる。(握力把握・姿勢、
体を動かす)

RathelotaとStrick 2009

久保田 健 2009.9.誠愛リハ 講演会より

一次運動野の機能

いくつかのグループに属する脊髄運動細胞の活動を高める。

介在細胞の働きを制御する。

いくつかの脊髄運動細胞を抑制する。

脊髄反射を調整する。

脊髄から脳へ送られる体性感覚情報の強さのレベルを脊髄レベルで制御する。

他領域への情報の提供

高次運動野

- ・調整と制御
- ・構成と企画
- ・意味と目的
- ・運動の準備

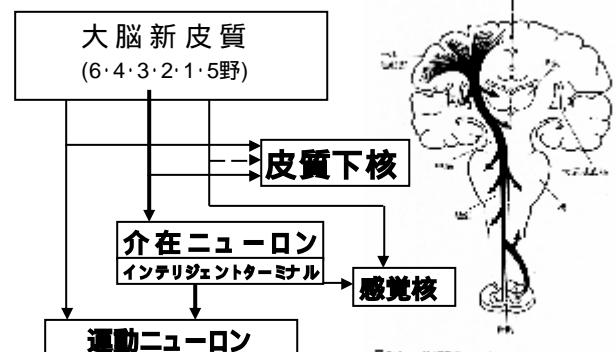
運動に意味をもたせ一次運動野をうまく働かせる

丹治より

高次の運動野の特徴と役割

- ・それぞれが運動に関連して活動する
- ・刺激すると手足が動く
- ・対部位局在がある
- ・脊髄に直接投射する
- ・運動野どうし相互に連絡がある
 - どうして多くの運動野が必要か
- ・状況に応じて運動するために複数必要

皮質脊髄路(錐体路)の神経線維連絡



腹内側系 と 背外側系の働き

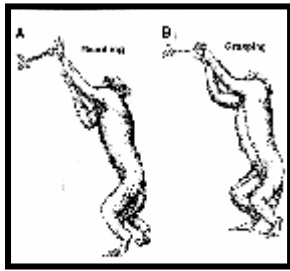


図4 歩行の運動制御のメカニズム。この図は、歩行の運動制御が、体幹と四肢の運動の統合によって行われることを示している。歩行の運動制御は、体幹と四肢の運動の統合によって行われる。歩行の運動制御は、体幹と四肢の運動の統合によって行われる。歩行の運動制御は、体幹と四肢の運動の統合によって行われる。

森茂英 プレインサイエンスより1996

腹内側系

直立姿勢の維持
 体幹・四肢運動の統合
 シナジスティックな肢運動、
 歩行運動、目標物に向かう
 体位の方角づけ

背外側系

指、手を使う筋の精密なコントロールの制御

腹内側系

- 皮質網様体脊髄路
- 皮質視蓋脊髄路
- 間質核脊髄路
- 前庭脊髄路
- 前皮質脊髄路

運動制御における2つの系の機能分布

Kuyper

腹内側系

中枢神経系が運動を制御する際の基本的な系

直立姿勢の維持

頭部・体幹の方角づけ

体幹と四肢の運動の統合

シナジックな肢全体の運動

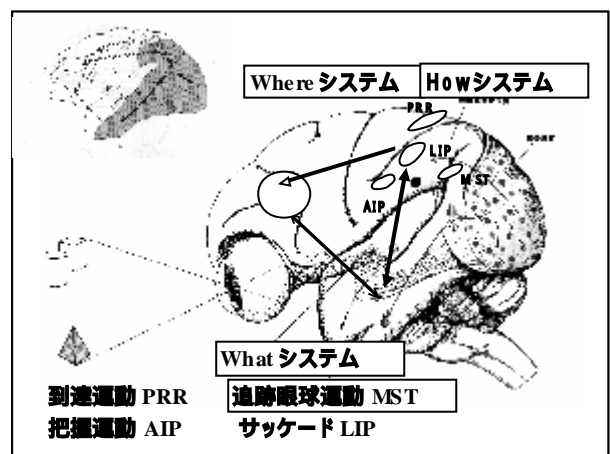
歩行における腹内側系と背外側系の協調的機能

背外側系

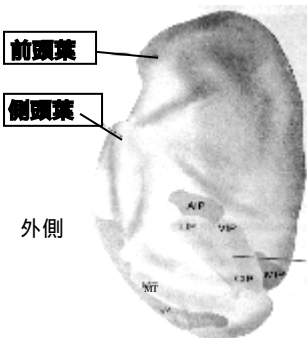
腹内側系の制御に対して更なる制度を付加する系

四肢の独立した運動

特に手の高度に独立した運動



ヒトの脳の左半球を膨らませて上から見た図



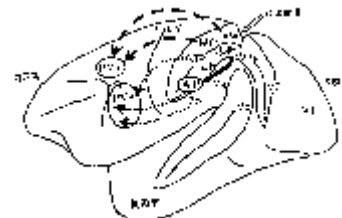
視覚的注意・追跡眼球運動 (LIPとVIP)
 到達と指示運動の視覚的制御 (VIPとMIP)
 把握運動と手操作運動の視覚的制御 (AIP)
 立体視に基づいた奥行き知覚 (CIP)
 到達運動、道具使用関する領域 (MIP)

内側
頭頂間溝領域

Intraparietal sulcus (IPS)

神経科学テクニスト カールソン

頭頂葉と運動前野の連絡



背側運動前野 (PMd) には、頭頂葉の後部にある MIP および V6a 野が投射する。他方、腹側運動前野 (PMv) には、頭頂葉の前部にある AIP と 7b 野が密接に関連する。PMv の前方には AIP 野が連絡し、PMv の後方には VIP 野が連絡する。

頭頂間溝 (Intraparietal sulcus, IPS) 内部の所在位置によって、それぞれの領域は前方 (AIP)、後方 (CIP)、内側 (LIP)、腹側 (VIP) 部と呼ばれている。

脳と運動 丹治順

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。

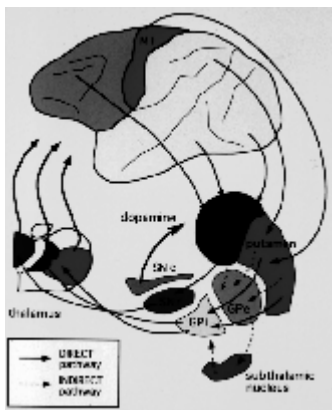
脳と運動 丹治順

視線行動

- 我々は絶えず視線を動かして行動に必要な情報を取り込んでいる。
- 日常行為の遂行中の視線の移動パターンと身体の動きのパターンには、強固な時間的・空間的關係がある。
- 歩行中の視線は自分の進むべき方向、あるいは目標到達点や障害物などの重要なオブジェクトに対して停留する。
- 視線行動のコントロールは、空間に関する記憶、概念的知識が関与する。
- 視線が対象に向けられるタイミングは動作の種類にかかわらず、手で対象を操作しその操作を終了する0.5秒に、次のターゲットに視線を移動する。
- 先見性固視によって得られた視覚情報は、その後の運動計画に利用される。

身体運動学 樋口・森岡 2008.11より

大脳基底核ループ



丹治より

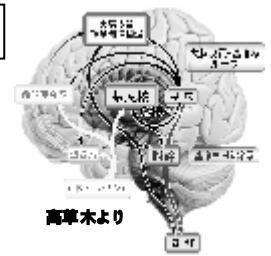
大脳基底核の機能

運動機能

認知機能

学習・記憶・動機づけ・注意

脳神経科学より



高草木より

尾状核は前頭前野との結合が強く、古くは短期記憶、近年ではワーキング・メモリー仮説と関連づけて研究されている。

記憶と脳 久保田雄より

大脳基底核を中心とした二つの経路

大 脳 皮 質

基 底 核

脳 幹 系

姿勢制御

姿勢制御はすべての運動に先行する。

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: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

移動知研究より 高草木 2010

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。
- 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。

基底核(MTPT注入)に伴う眼球運動の変化

- MTPT注入によるサッケードの低下 (ビジュアルガイドサッケードよりメモリーガイドサッケードが特に低下する)
- 眼球運動の振幅、活動低下
- 10秒以上も動かなくなる
- 注入部位とは反対側を見なくなる
- アテンションタスクを行った結果視覚認知、注意に差が出た
- トレーニングにより改善するようである

彦坂 誠愛講演会より

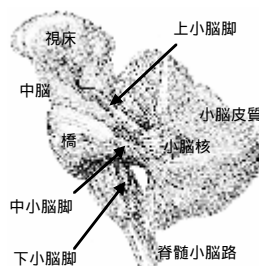
小脳の機能

脳幹・脊髄の反射
複合運動
生得的行動
大脳皮質の感覚運動機能
大脳連合野

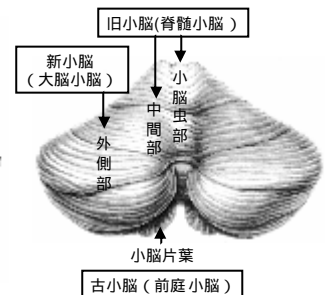
中枢神経系の5つの機能に小脳は適応機能を付与する。

小脳の外観

A 小脳の外側面と小脳脚



B 小脳皮質の背側面と区分



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。

小脳中部

前庭核・赤核などの脳幹下行路上から入力を受け、再び脳幹核に投射

近位筋や姿勢筋の制御

小脳中間部

大脳皮質や脳幹の神経核と結合を持つ

小脳半球

遠位筋の運動制御

小脳外側部

運動野・運動前野・前頭前野からの入力を受け、視床を介してこれらの領域に投射する。

随意運動の計画、運動学習・運動技能獲得の際の運動速度の向上

前庭小脳

内耳の前庭から頭部の位置や動きに関係する情報をもらいその情報を処理した結果を脳幹の前庭核に送る

姿勢調節・眼球運動

脊髄小脳

全身の皮膚・筋肉・関節の感覚情報を受け取り脳幹の網様体核、前庭神経核に送り脊髄に出力する

身体のバランス・自動性の高い運動調節

大脳皮質小脳

大脳皮質からの広範の入力を橋核、下オリーブ核を経由して小脳皮質にいたる、情報処理された出力は視床から一次運動野、運動前野に送られる。

随意的な運動の調節や組み立て、運動の計画

5. 心的活動における潜在学習

小脳が傷害されると言葉および他の系列化機能に影響する。

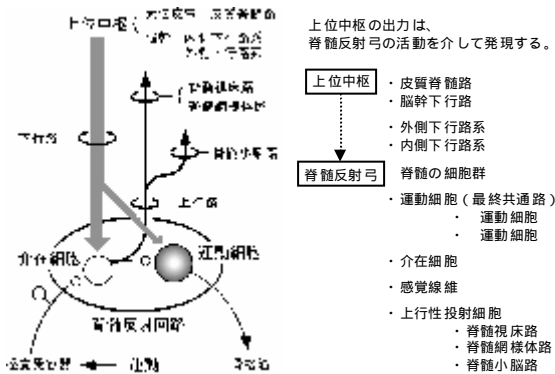
注意の集中・痛みへの予測と不安が起きなくなる。

認知的な計画をし、実地に行って学習できなくなる。

時間間隔を判断する時誤差を検出し、違う感覚主の間で急速に注意を向けることができない。

3次元空間での認知的な行動をすることができなくなる。

運動は脊髄反射弓を介して発現する



小脳損傷に伴う筋緊張の低下

小脳は、大脳皮質や脳幹(前庭核・網様体)を介して運動を制御する

皮質脊髄路・前庭脊髄路・網様体脊髄路も - 関連を持ち - いずれも同様の支配を受けている。小脳が障害されると大脳皮質や脳幹の出力が減少し 運動細胞、運動細胞活動が低下する。 柳原・Grillner・高草木:者会話より

高草木 2008.1.6 林メールより

前庭小脳の障害

平衡障害と眼球運動の障害

- 歩行失調
- 躯幹失調
- 眼振
- 吐き気

脊髄小脳の障害

小脳虫部；体幹や上下肢の近位筋中間部；上下肢の遠位筋

- 企図振戦 筋緊張低下
- 下肢の尺測異常
- Romberg sign
- 脊髄小脳変性症 (SCD)
- 脳幹の障害 (小脳脚の交叉)

大脳小脳の障害

運動障害は上肢の遠位筋

- 運動開始の遅延や運動速度の低下
- 企図振戦 運動失調
- 筋緊張低下 尺測異常
- 反跳現象

高次脳機能の障害

- 運動の計画やプログラムの障害
- 複雑な運動を旨く構成できない
- 作業記憶異常に基づく言語認知などの認知機能異常

個々に応じた介入の重要性

環境への適応の幅を広げる

身体そのものの適応能力の拡大

環境調整による適応幅の調整