

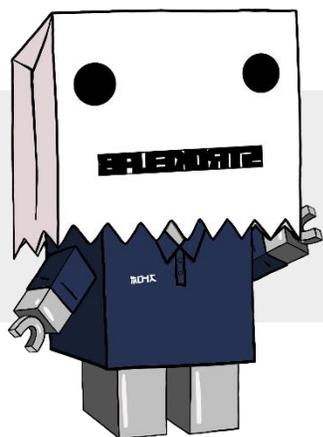
BASICS HANDLING COURSE



STROKE LAB



# 脳科学とハンドリングの結びつき



# 本日の学習ポイント！

リハビリを通して…

- ① 「脳の中でどのような変化や働きが起きているか」をイメージできること
- ② その脳内変化が、実際の運動や生活動作、患者さんの生活改善にどのように繋がるのかを思い描けること



# 神経の可塑性

# 脳の変わる力？

Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. J Speech Lang Hear Res. 2008 Feb;51(1):S225-39. doi: 10.1044/1092-4388(2008/018). PMID: 18230848.

神経可塑性とは…

**神経系（特に脳）が、外的・内的な刺激や損傷、経験に応じて  
その構造や機能を動的に変化させる能力である。**

【シンプルな言葉で】

「脳や神経は、“使えば使うほど強くなり、使わないと弱くなる”  
そして“経験や練習によって働きを変えられる”という“変わる力”のこと」



# 可塑性を最大化する「10原則」

Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. J Speech Lang Hear Res. 2008 Feb;51(1):S225-39. doi: 10.1044/1092-4388(2008/018). PMID: 18230848.

## 1. Use it or lose it (使わなければ失う)

脳や神経のネットワークは、使わなければシナプス結合が弱まり、機能が萎縮・消失してしまう。

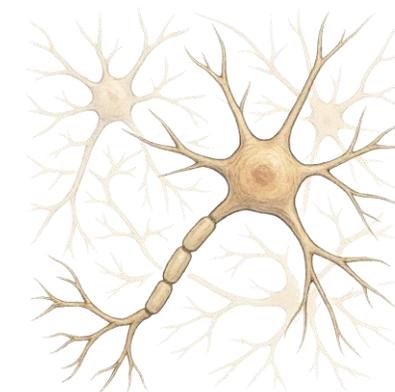
## 2. Use it and improve it (使えば強まる)

活動すればするほど、関連する神経回路は構造・機能的に強化される。

## 3. Specificity (特異性)

何を練習するかによって、強化される神経回路の種類が決まる。

課題が具体的であるほど、脳は特異的に可塑化する。



## 4. Repetition matters (反復が重要)

短期的な学習と長期的な定着は別物。繰り返し行うことで脳内の可塑的变化が固定される。

## 5. Intensity matters (強度が重要)

可塑的变化にはある程度の“刺激量の閾値”が必要。適切な強度で行うことで、変化が起きやすい。

# 可塑性を最大化する「10原則」

Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. J Speech Lang Hear Res. 2008 Feb;51(1):S225-39. doi: 10.1044/1092-4388(2008/018). PMID: 18230848.

## 6. Time matters (タイミングが重要)

脳卒中直後の“超急性期”は可塑性の窓が大きく開いているが、慢性期でも変化は起こる。  
時期ごとの最適な介入が重要。

## 7. Salience matters (意味づけが重要)

本人にとって“価値ある・意味のある行動”だと脳の可塑性が最大化する。

## 8. Age matters (年齢依存)

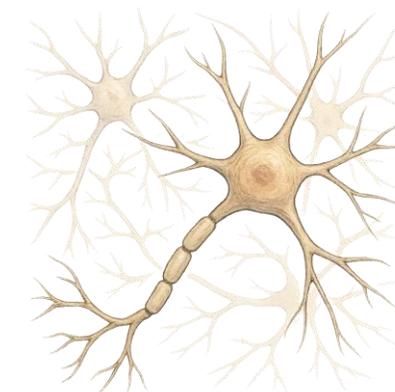
若年脳の方が可塑性は高いが、高齢者でも十分に変化は起きる。  
やり方や量を工夫することで効果は得られる。

## 9. Transference (汎化)

ある経験やスキルの学習が、類似した他のスキルの習得を促進することがある。

## 10. Interference (阻害)

一つの学習が、別の技能や回路の学習を妨げることがある。課題の選び方や順序に注意が必要。



この10原則を参考に…

# 臨床の当たり前を見直す！



“今までのやり方を全部否定して一新する”という意味ではありません。

【普段やっていること”をベースに「ちょっとだけ」変えてみる】

- 反復回数を数えて“できた感”を強調してみる（→反復&意味づけの原則）
- 「この練習が普段の生活のどこに生きるか」一言伝えてみる（→特異性&意味づけの原則）
- 患者さんと目標を一緒に再確認してから始める（→意味づけ・動機づけの原則）
- 似た動き（歩行練習→トイレ移乗）をその場で続けてみる（→汎化の原則）

# 脳科学と阻害要因

# 皮質脊髄路とは？

Lemon, R.N. (2008). "Descending pathways in motor control." Annual Review of Neuroscience, 31, 195-218.

皮質脊髄路は、大脳皮質（特に運動野）から脊髄前角の運動ニューロンへと至る、随意運動を制御する最も主要な経路です。特に四肢の精緻な運動（手指の巧緻運動など）において重要な役割を担います。

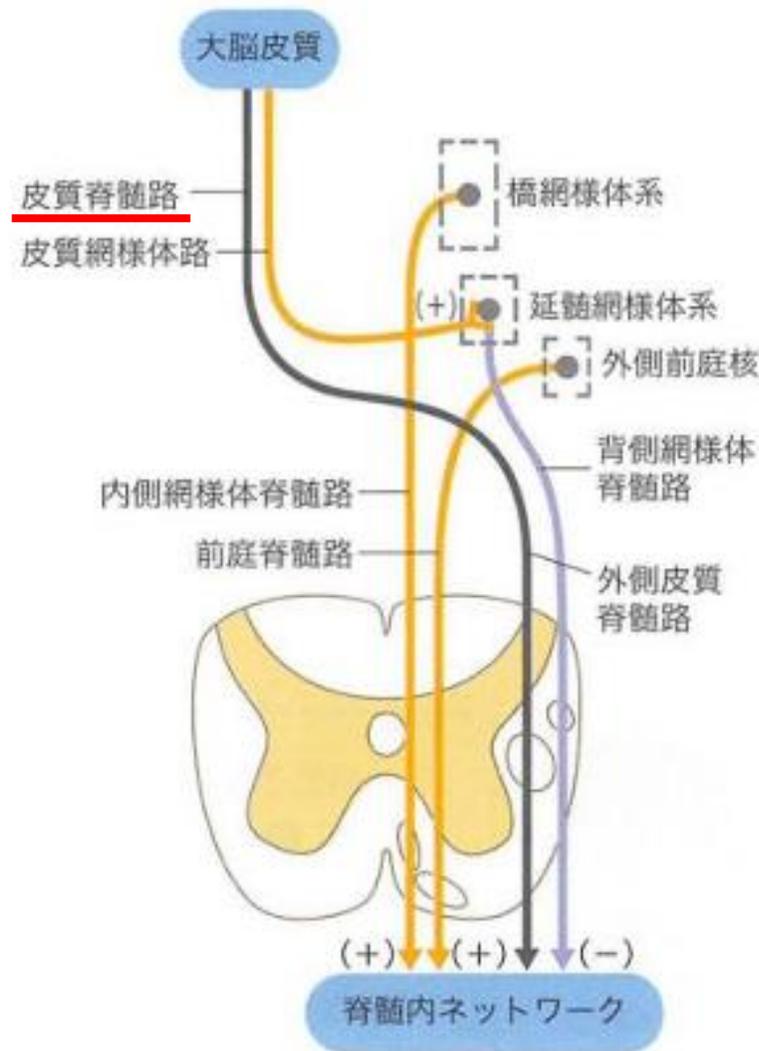
## 【障害時の症状】

錐体路徴候（上位運動ニューロン障害）

→ 痙縮（spasticity）、腱反射亢進、バビンスキー反射陽性、筋力低下（麻痺）、協調運動障害

脳卒中や外傷による運動麻痺

→ 皮質脊髄路の障害部位によって、片麻痺や四肢麻痺など多彩な運動障害が出現



# 痙縮の定義

Lance JW: The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg Lecture. Neurology. 1980;30:1303-1313.

痙縮とは、「上位運動ニューロン障害に伴う筋緊張の異常亢進」であり、速度依存性に増加する伸張反射亢進が特徴です。主に中枢神経系（特に脳卒中、脊髄損傷、多発性硬化症、脳性麻痺など）の障害で見られます。



Flexed  
elbow



Bent  
wrist



Pronated  
forearm



Clenched  
fist



Thumb  
in palm

# 痙縮はどのように発生する？

Lance JW: The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg Lecture. Neurology. 1980;30:1303-1313.

上位運動ニューロン（特に皮質脊髄路、網様体脊髄路など）の障害により、抑制性下行入力が失われる。その結果、脊髄反射弓が脱抑制され、筋紡錘からのIa求心性入力 $\alpha$ 運動ニューロンを過剰に刺激します。これにより、筋が急速に伸張されると異常な伸張反射（＝痙縮）が誘発されます。

- 網様体脊髄路の抑制性成分の消失

→ 筋緊張調節がアンバランスになりやすい（特に脳卒中後）。

- Ia抑制の低下

→ 拮抗筋同士の抑制が弱まり、共同収縮や固縮傾向が強まる。

- シナプス前抑制の減弱

→ シナプス前抑制の低下により、感覚入力が過剰に運動ニューロンへ伝達される。

- レンショウ抑制の低下

→ 抑制性介在ニューロンの機能低下で、筋収縮のフィードバック制御が障害される。

# 視床とは？

Neuroanatomy, Thalamus (NCBI StatPearls, 2023)

視床は、大脳のほぼ中央、間脳（diencephalon）に位置する卵形の神経核の集まりです。左右に1つずつあり、脳梁よりも下方、第三脳室の側壁を形成しています。大きく「外側部」「内側部」「前部」など複数の機能的核群に分かれます。「髓板」という白質束が核群を区切っています。視床下部、視床上部（松果体含む）とは別の構造です。

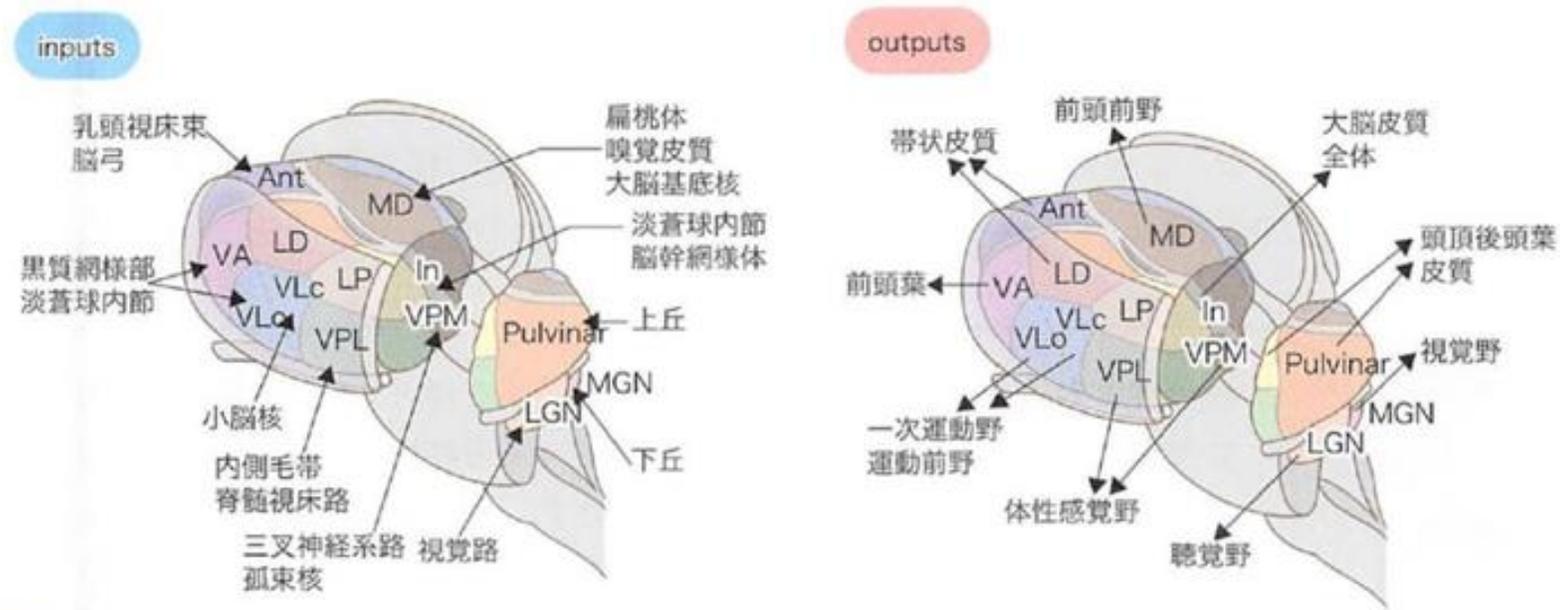


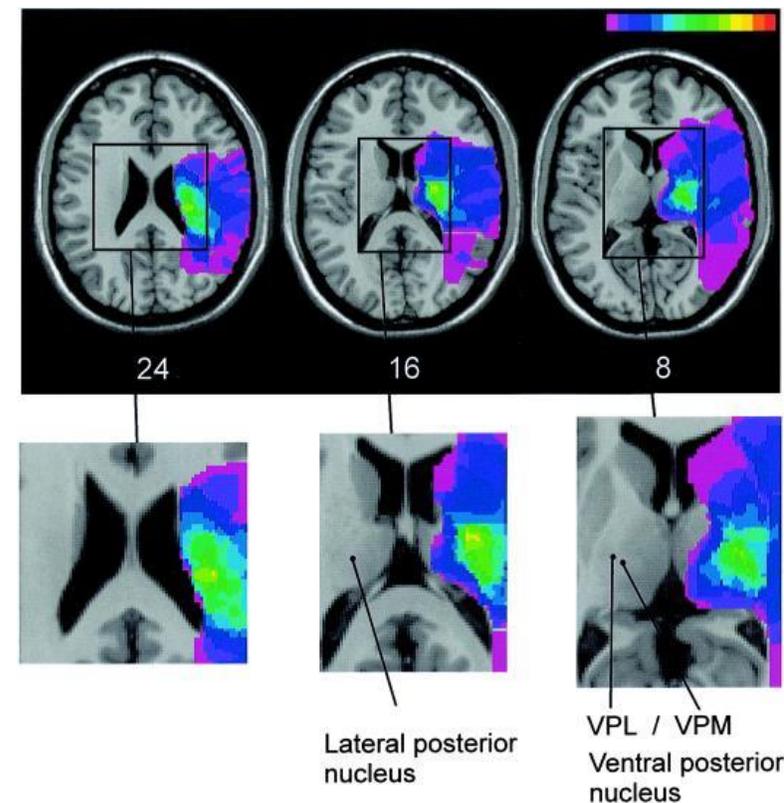
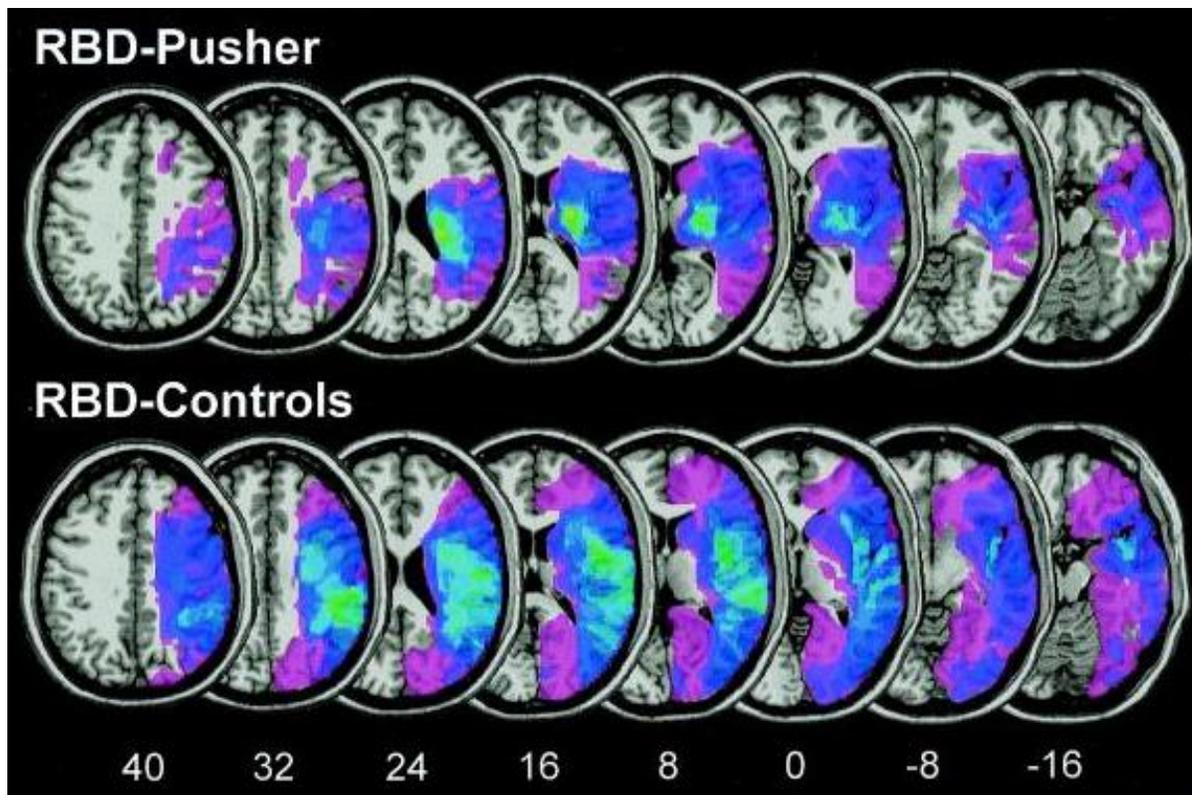
図1 視床核による分類

Ant：視床前核群，In：髓板内核群，LD：背外側核，LGN：外側膝状体，LP：後外側核，MD：背内側核，MGN：内側膝状体，Pulvinar：視床枕，VA：前腹側核，VLc：外側腹側核の尾側部，VLo：外側腹側核の吻側部，VPL：後外側腹側核，VPM：後内側腹側核。

# プッシャー症候群/病変部位は？

Hans-Otto Karnath et al : The neural representation of postural control in humans

プッシャー症候群の患者では、脳の視床の後外側腹側核（VPL）という部分が病変の中心になっており、そこから内包の後脚や尾状核にも少し広がっています。23人の患者を調べたところ、脳梗塞が重なっていた場所もやはりVPLと、その近くの後外側核（LP）に集中していました。このことから、VPLは体をまっすぐに保つ姿勢のコントロールにとっても重要な役割を果たしていると考えられます。



# プッシャー症候群/非麻痺側下肢の反応

Leif Johannsen et al : Leg orientation as a clinical sign for pusher syndrome

プッシャー症候群の脳卒中患者では、自分の体の向きに対する感覚が乱れているため、他動的に体をゆっくり傾けたときに、非麻痺側の下肢が通常とは逆方向に強くバランスを取ろうとする反応が現れます。このことから、身体の向きに関する意識的な認識だけでなく、無意識に行われるバランス調整にも異常が生じていることが示唆されます。

Ipsiversive trunk tilt



No trunk tilt



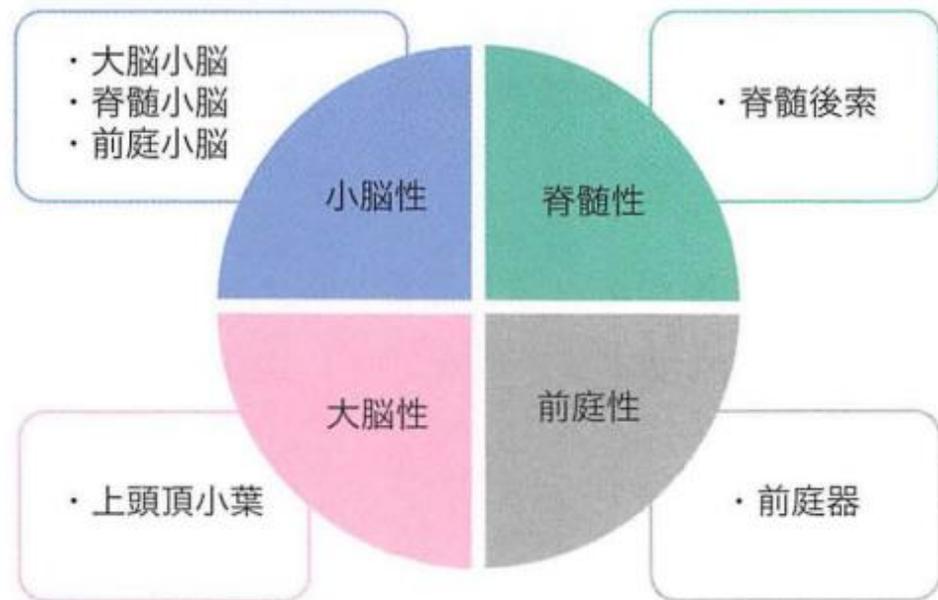
Contraversive trunk tilt



# 運動失調とは？

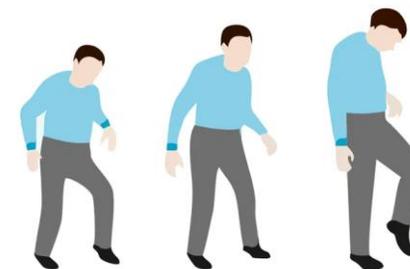
Klockgether, T. (2011). "Sporadic ataxia with adult onset: classification and diagnostic criteria." *Lancet Neurology*, 10(3), 258-268.

運動失調（ataxia）とは、本来筋力や感覚が十分であるにもかかわらず、運動の協調性や正確性が失われる症候群です。ギリシャ語の“a-”「無」と“taxis”「秩序」から、「運動の無秩序」という意味を持ちます。中枢神経系、とくに小脳回路の障害で多く発生しますが、感覚性や前庭性の失調も存在します。この障害の責任病巣によって、小脳性、脊髄性、前庭性、大脳性に分類されます。



- 小脳性：運動の協調・調整障害（小脳領域）
- 脊髄性：感覚入力障害による運動調整不能（脊髄後索）
- 前庭性：平衡感覚の障害（前庭系）
- 大脳性：運動の計画・実行障害（大脳皮質、主に頭頂葉）

図1 運動失調の種類



# 被殻とは？

Haber, S.N. (2016). "Corticostriatal circuitry." Dialogues in Clinical Neuroscience, 18(1), 7-21.

被殻は、大脳基底核の一部であり、運動制御や学習、情動など多様な神経機能に関わる重要な神経核。大脳基底核は、線条体＝被殻＋尾状核と、淡蒼球、視床下核、黒質などから構成されます。

## ● 運動の準備と実行

被殻は運動の計画段階から活動し、必要な運動を選択・調整し、不必要な動きを抑える役割を担う。

## ● 強化学習

ドーパミンのシグナルを受け、「成功や失敗」の経験をもとに運動や行動パターンを強化・弱化し、最適な動きを学習する。

## ● 報酬予測

報酬の期待と結果のズレを検出し、行動を調整することで意欲や動機付けに関わる。

## ● 習慣の形成

繰り返しの練習で運動や行動が自動化され、「考えずにできる」パターンが被殻主導で形成される。

# 姿勢制御とは？

Horak, F.B. (2006). "Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?" Age and Ageing, 35(Suppl 2), ii7-ii11.

姿勢制御とは、「重力や外力に抗して、身体の支持基底面上で安定した姿勢を保持・調整する能力」。歩行や日常動作の前提であり、運動の自動化や予測的・反射的調整を含む高度な神経機能です。

## ● フィードバック制御（反射的・リアクティブ制御）

外乱や重力変化に対し、脊髄・脳幹・前庭系を介して伸張反射や姿勢反射など即時の運動応答を生じ、バランスを修正する。

## ● フィードフォワード制御（予測的姿勢調整, APA）

運動開始前に大脳皮質・小脳が主導し、姿勢筋に先行的活動を生じさせて、随意運動による姿勢変動を予測的に補正する。

## ● 感覚統合

視覚、前庭感覚、体性感覚からの多重感覚入力を小脳・脳幹で統合し、状況に応じた最適な姿勢出力を実現する。



## 本日のまとめ

私たちの“あなたらしさ”も、“これからの変化”も、すべて脳の可塑性——つまり、脳が変化し続ける力によって生まれます。ノーベル賞受賞者のエリック・カンデル博士は、「人は生涯にわたって自己をつくり直せる。その根本が“可塑性”だ」と述べています。

この科学的事実が示しているのは、挑戦し続けること、新しい経験を重ねること、そして自分や他者の可能性を信じて、成長を促し続けることが、年齢や状況に関わらず、本当に大切だということです。

今日学んだ知識や体験を、“脳が変わる”というイメージとともに、これからの実践や成長につなげていきましょう。

