

山梨バース研究会 2025.2.15-16

Locomotion



FUKUTOMI
REHABILITATION

脳と身体の「不安」を「希望」に

ふくりは

完全マンツーマンのオーダーメイド型リハビリ

代表 | 神経系 専門理学療法士
IBITA Basic Course Instructor

福富 利之



ふくりは 情報

本日の内容

- 直立二足歩行の特徴と神経機構
- 脳卒中片麻痺者の歩行の特徴
- 歩行の評価と治療のポイント

```

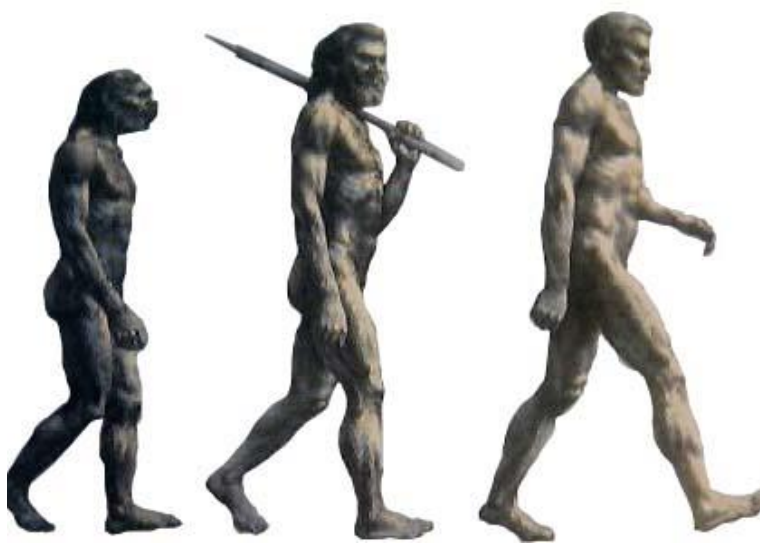
  \
  .001.^
  u$0N=1
  z00BAI
  I.,.=^
  ;s<'.
  NRX^=-\
  z0c^<X^
  ^B0s^~^
  00$H~'
  n$0=XN;.\
  iBBB0vU1=~'
  $000cRr\vuI
  FAHZuqr-'
  ZZUFA0FI.\
  ;BRAHv n$U^
  \ARN1 ^0si
  'Onv~ 01.'
  c0qr n$.\
  aUU\ uI\
  \R0- :.\
  nn~\ -=.\|~\
  =1^'.. \..

```

FUKUTOMI
REHABILITATION

直立二足歩行の進化

人の進化において最も重要な特徴である



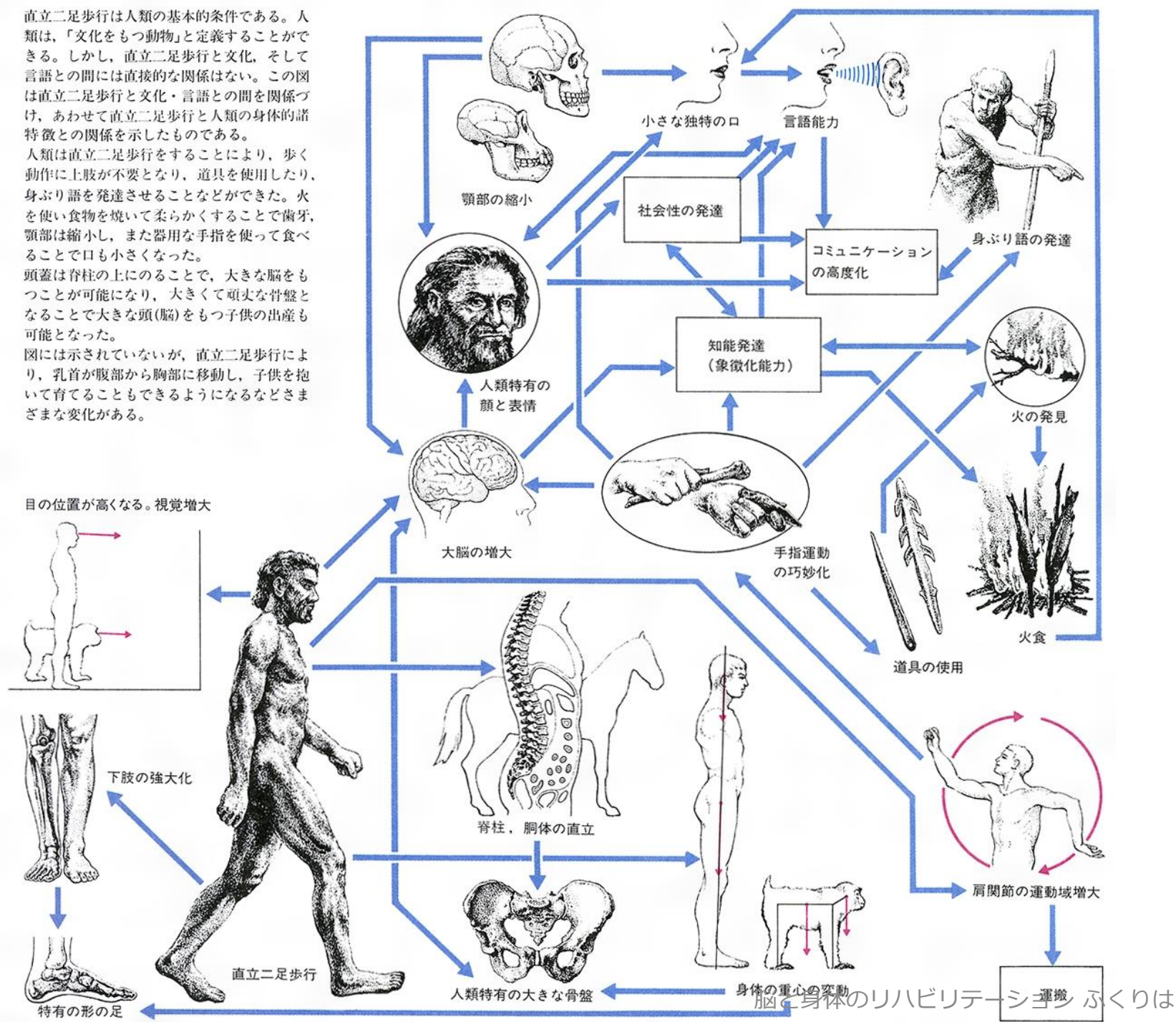
- 前足を開放し、手指で物を操る能力を向上
- 手先の器用さは脳の発達を促した
- コミュニケーションなど社会化を推し進めた

直立二足歩行は人類の基本的条件である。人類は、「文化をもつ動物」と定義することができる。しかし、直立二足歩行と文化、そして言語との間には直接的な関係はない。この図は直立二足歩行と文化・言語との間を関係づけ、あわせて直立二足歩行と人類の身体的諸特徴との関係を示したものである。

人類は直立二足歩行をすることにより、歩く動作に上肢が不要となり、道具を使用したり、身ぶり語を発達させることなどができた。火を使い食物を焼いて柔らかくすることで歯牙、顎部は縮小し、また器用な手指を使って食べることで口も小さくなった。

頭蓋は脊柱の上にあることで、大きな脳をもつことが可能になり、大きくて頑丈な骨盤となることで大きな頭(脳)をもつ子供の出産も可能となった。

図には示されていないが、直立二足歩行により、乳首が腹部から胸部に移動し、子供を抱いて育てることもできるようになるなどさまざまな変化がある。



移動運動を成功させるための基本的条件

- **Progression : 前進**

身体を望む方向に動かすことができる基本的な移動機構パターン

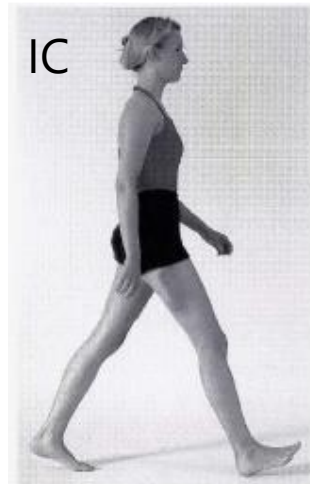
- **Stability : 安定**

重力に抗して身体を支持するような安定性を維持する能力

- **Adaptation : 適応**

個体の目標と環境要求を満たすように歩行を適応する能力

歩行周期



IC

0%



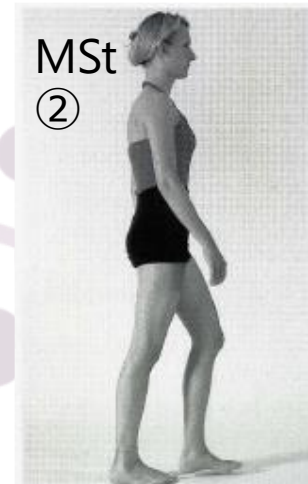
LR

0%~12%

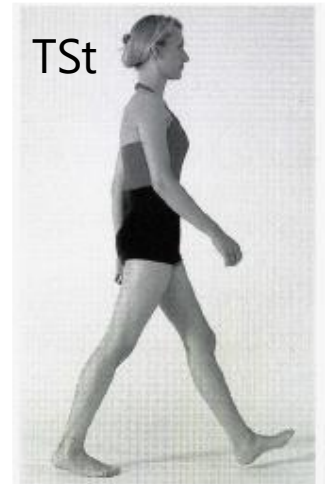


MSt
①

12%~31%



MSt
②



TSt

31%~50%



PSw

50%~62%



ISw

62%~75%



MSw

75%~87%



TSw

87%~100%

歩行の神経機構

1. 正確な制御を必要とする随意的プロセス

大脳皮質からの随意的な信号により遂行

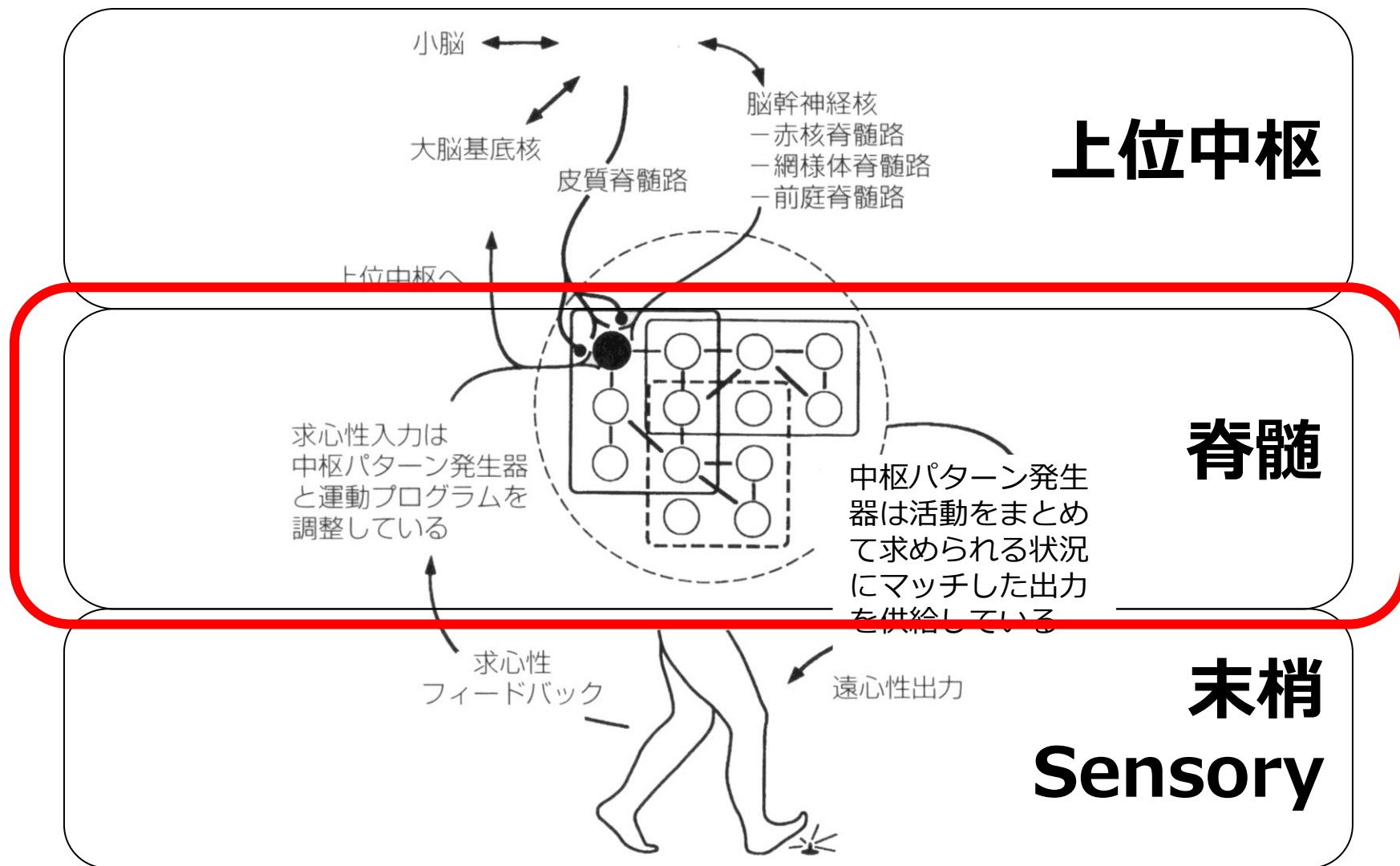
2. 補食や逃避、逃走など情動的プロセス

辺縁系や視床下部から脳幹への投射系が関与

3. 歩行時のリズムミカルな肢運動や姿勢調節など無意識に遂行される自動的プロセス

脳幹や脊髄により制御されるプロセスであり、
Sensory-Motor integrationが重要な役割を果たす

歩行 : Tripartite system



直立二足歩行の 3つの神経制御（非階層性）

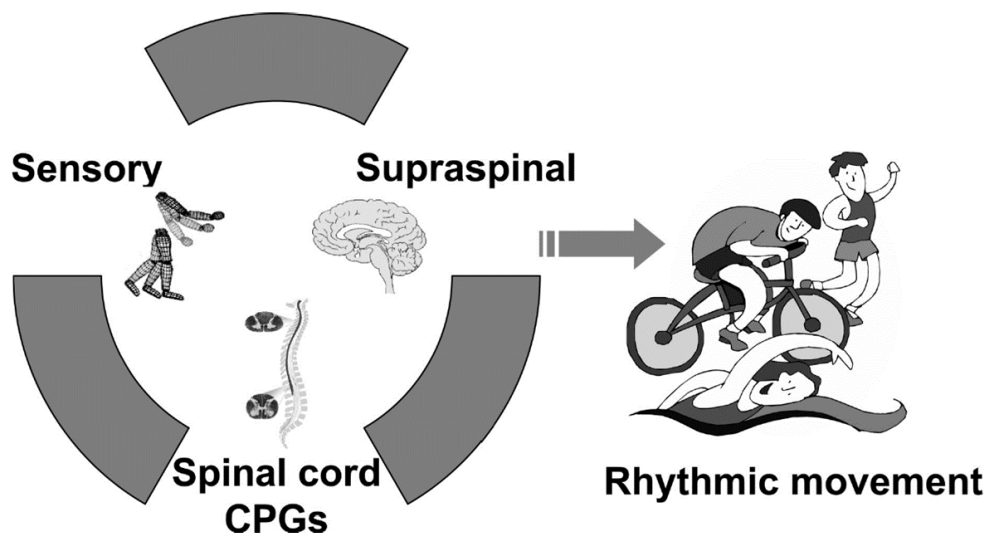
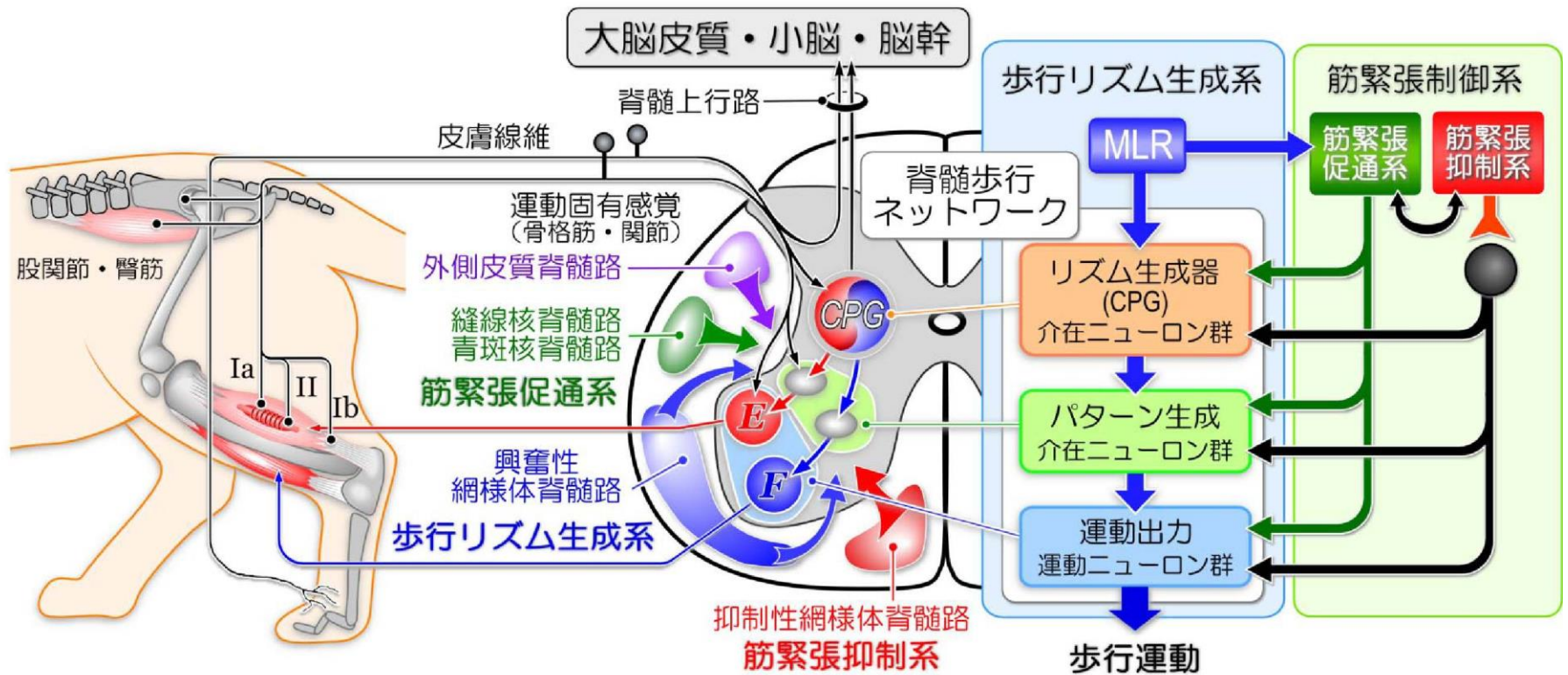


図 : Zehr EP : Neural Control of Rhythmic Human Movement: The Common Core Hypothesis

Exerc Sport Sci Rev. 2005 Jan;33(1):54-60.

1. 皮質、皮質下構造から脊髄への入力
2. 脊髄の中枢パターン発生器
(CPGs : Central Pattern Generators)
3. 感覚フィードバック : リズミカルな上下肢の運動によって活性化される皮膚や筋からの体性感覚フィードバック

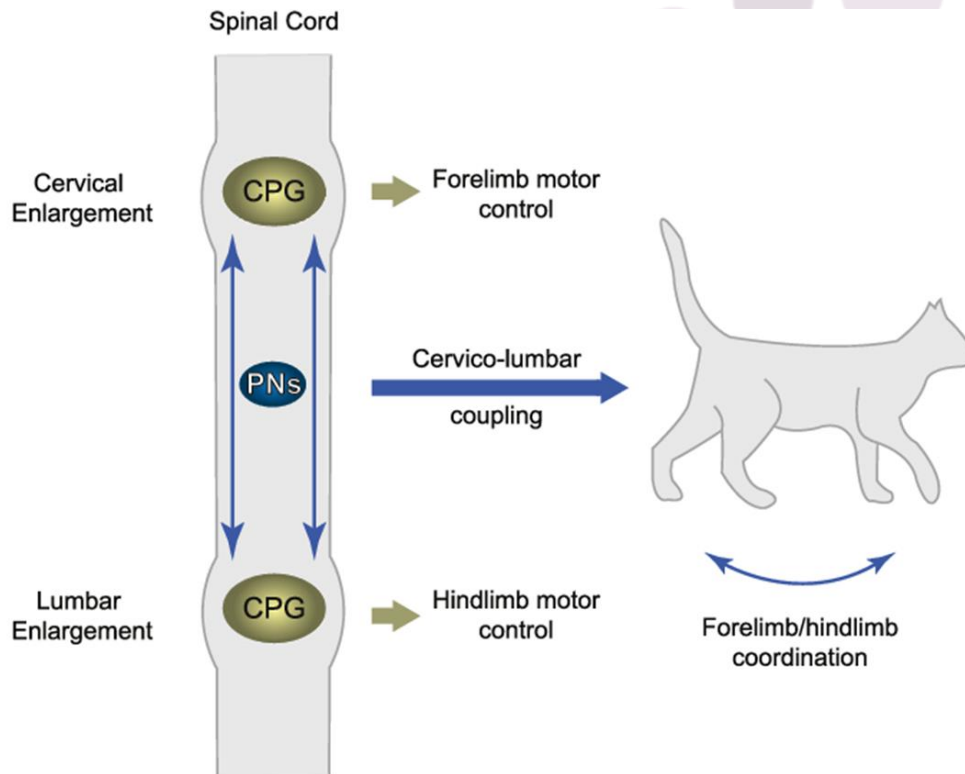
脊髄における筋緊張と歩行の制御機構



Feedback情報は、巧緻運動や身体図式の生成（大脳皮質）筋緊張の維持（脳幹）、運動の補正（小脳）などに用いられる

脊髄固有ニューロン

PNs : propriospinal interneurons



【Short propriospinal neurons (SPN)】

SPNの軸索は6節まであり、細胞体の位置に応じて内側と外側の運動ニューロン群、および非運動ニューロン領域に投射する

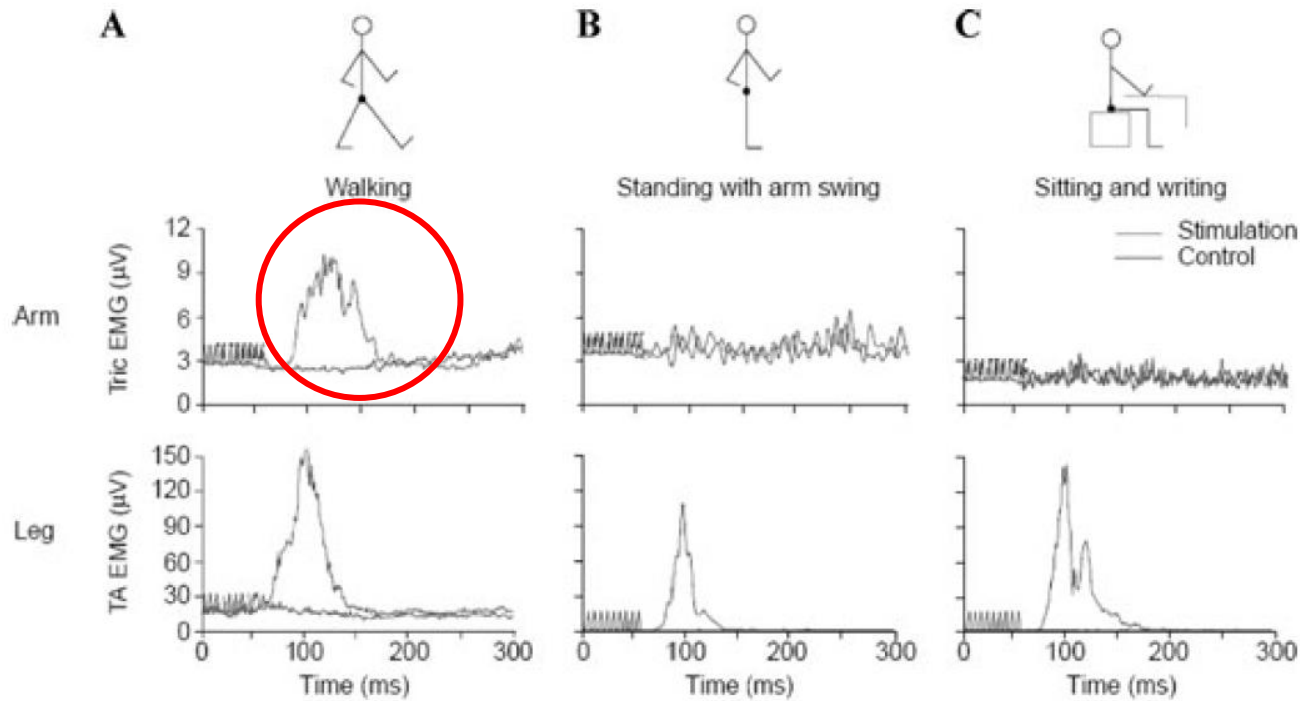
【long propriospinal neurons (LPN)】

運動量に関するLPN（6節以上に投射するPN）は、頸部拡大と腰部拡大を相互に接続する

- 頸部および腰部拡大（黄色）に位置するCPGは、それぞれ前肢および後肢の運動活性を支えている
- 頸部と腰部のCPGをつなぐ固有脊髄回路（青色）は、運動時の前肢と後肢の適切な協調を維持するために重要である

Flynn, Jamie R., et al. "The role of propriospinal interneurons in recovery from spinal cord injury." *Neuropharmacology* 60.5 (2011): 809-822.

歩行中に四肢間の神経経路は興奮性が賦活される

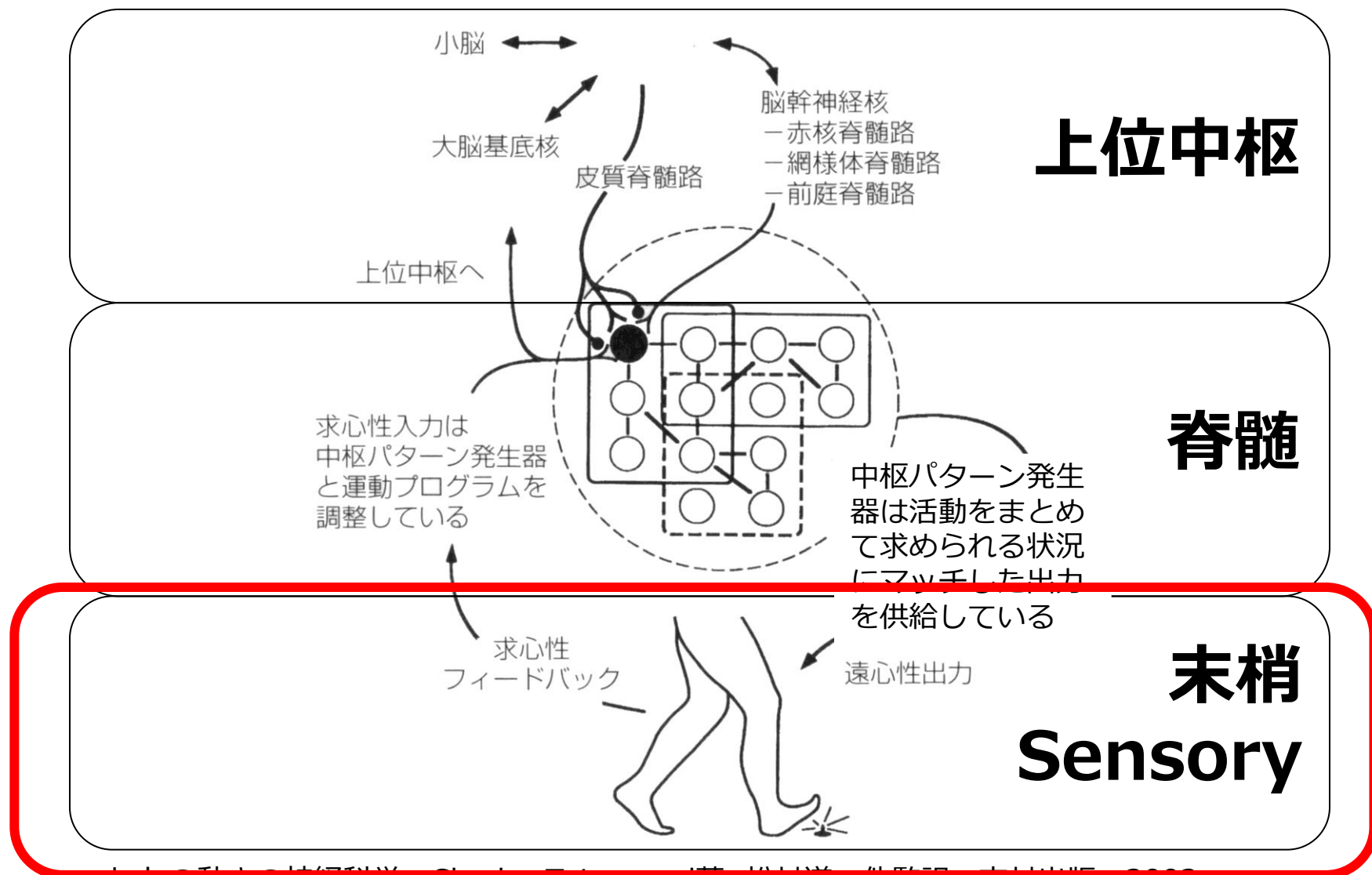


下肢への電気刺激による上肢の反射応答 ⇒ Aの歩行時のみ上肢の反射応答が発現
歩行中に脊髄固有ニューロンを介した四肢間の神経経路の興奮性が賦活された

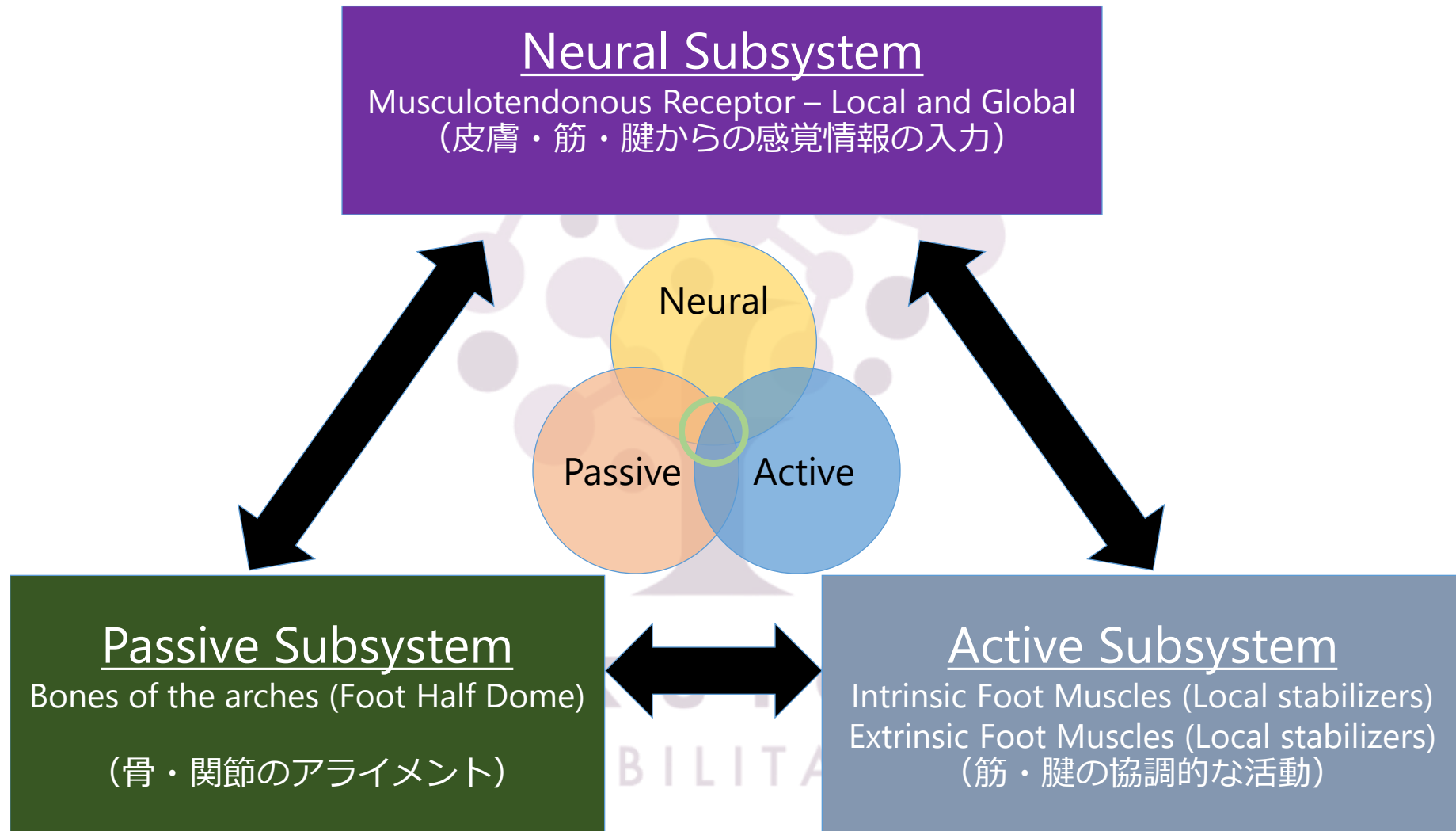
Dietz, Volker, and Jan Michel. "Human bipeds use quadrupedal coordination during locomotion."

Annals of the New York Academy of Sciences 1164 (2009): 97-103. 脳と身体のリハビリテーション ふくりは 12

歩行 : Tripartite control system



Foot Core System

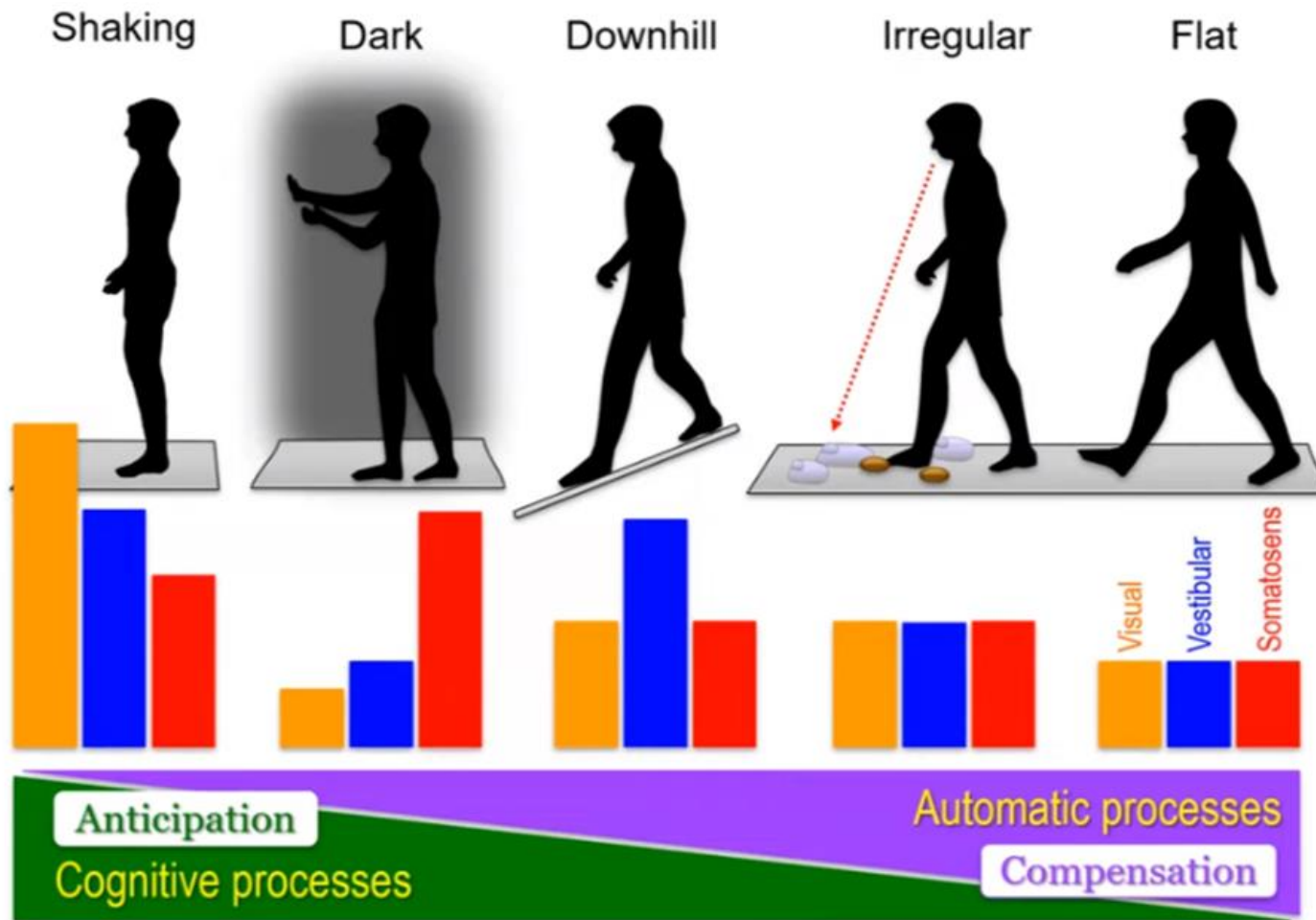


McKeon, Patrick O., et al. "The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function." *Br J Sports Med* (2014): [bjsports-2013](#). (一部改編)

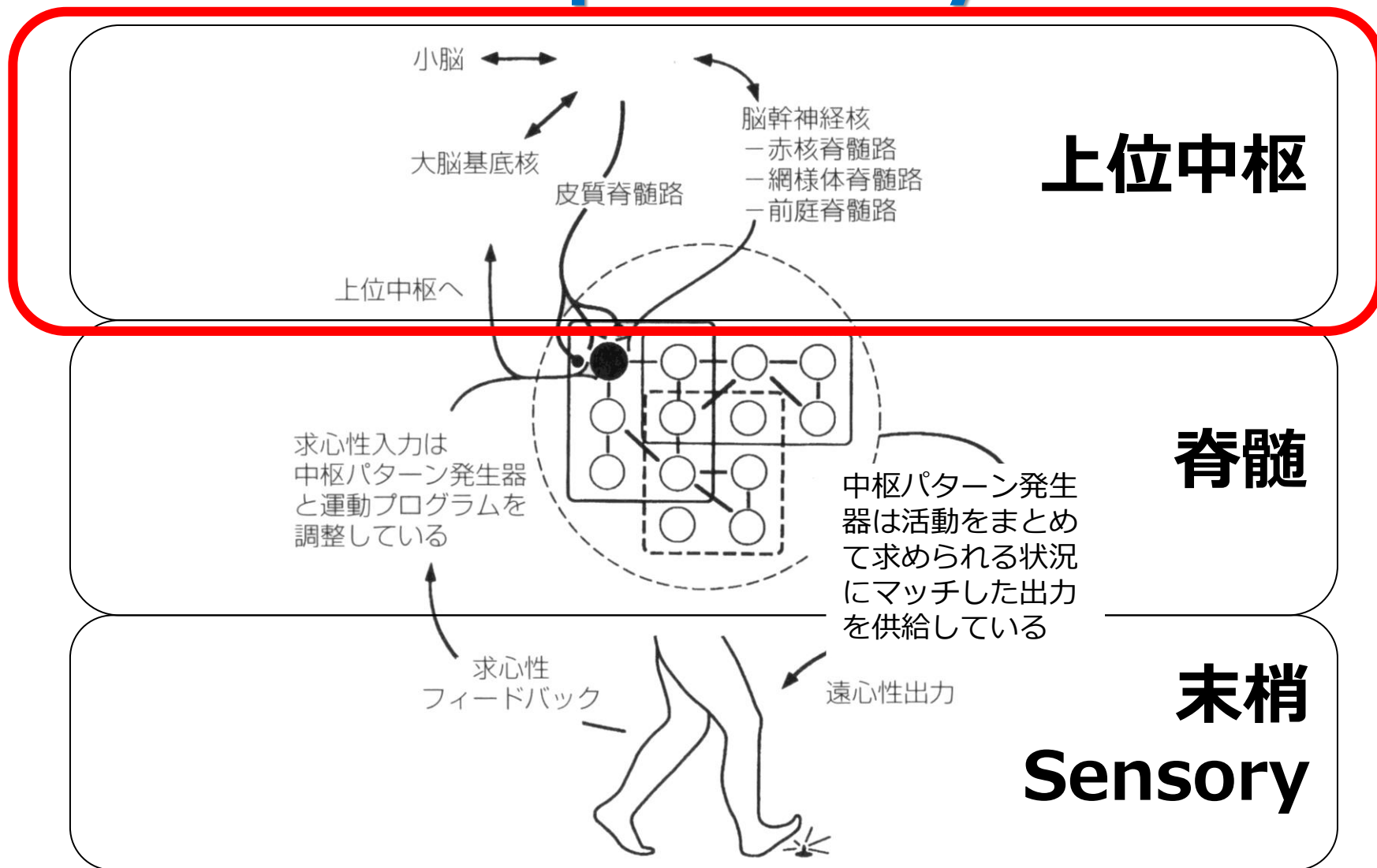
足底からの情報

- 立位では唯一、接触している部分であり、ステップのコントロールのために重要な情報を得る
- 非荷重の遊脚肢、足部の挙上、足部の接地、体重の移動などのコントロールにおいて特に関連性がある
- アクセサリームーブメント（平衡反応）は、立位を保持するために自律的に起こる
- 荷重時の足部の運動性（皮膚・筋・中足骨や足趾の動きなど）が乏しくなると、立脚期に影響を与えてしまう

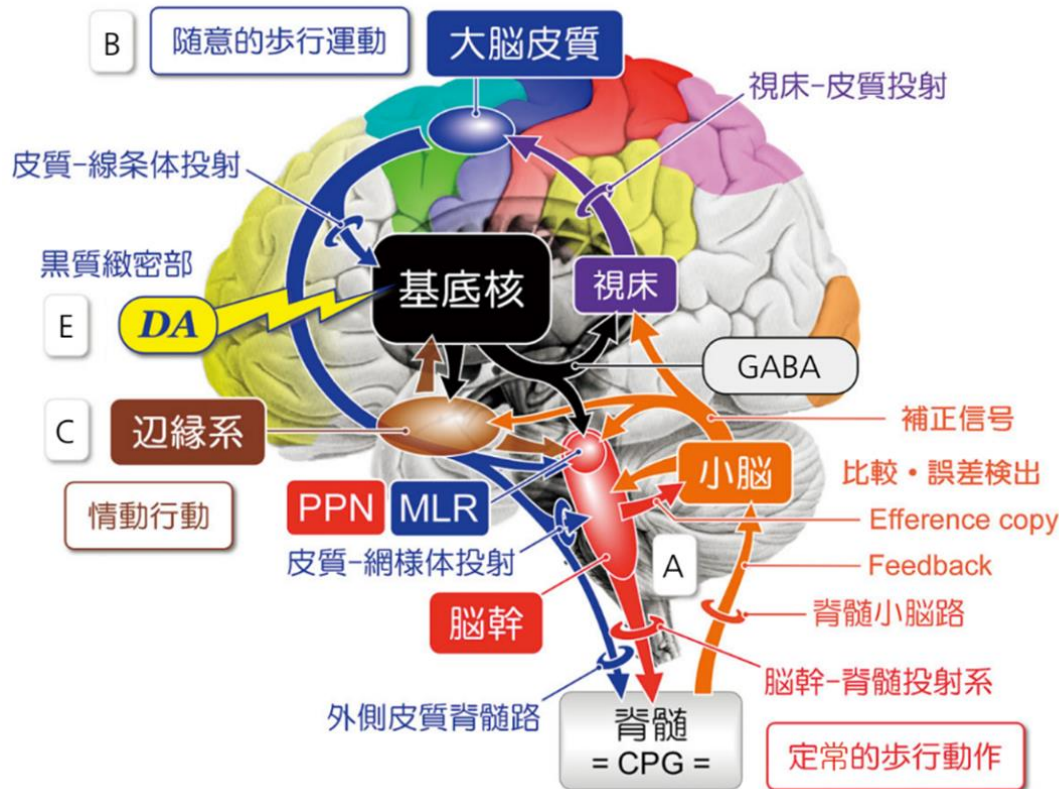
姿勢制御は状況によって異なる



歩行 : Tripartite system



歩行の神経機構



CPG : 歩行パターン発生器
 DA : ドーパミン
 GABA : γ-アミノ酪酸
 MLR : 中脳歩行誘発野
 PPN : 脚橋被蓋核

【大脳皮質】

随意的な歩行の開始や外乱に対する制御された歩行動作

【辺縁系・視床下部】

情動行動としての歩行を誘発

【中脳歩行誘発野 (MLR)】

基本的な歩行の神経機構が内在

【脊髄 (CPG)】

脊髄には歩行リズムを生成するパターン発生器が存在する

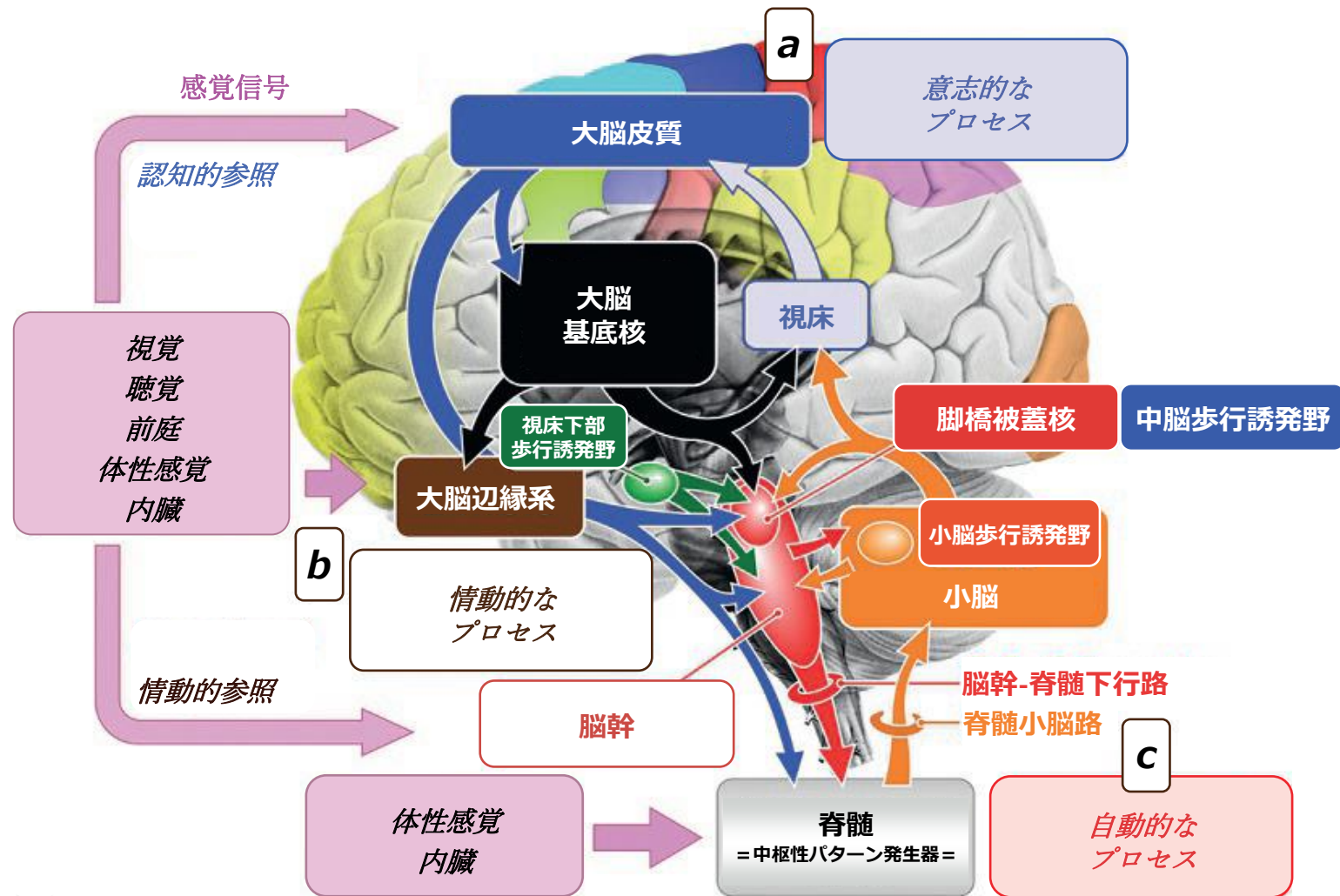
【基底核】

大脳皮質と脳幹に働き、歩行の開始や停止、歩行の筋緊張や歩行速度を調節する

【小脳】

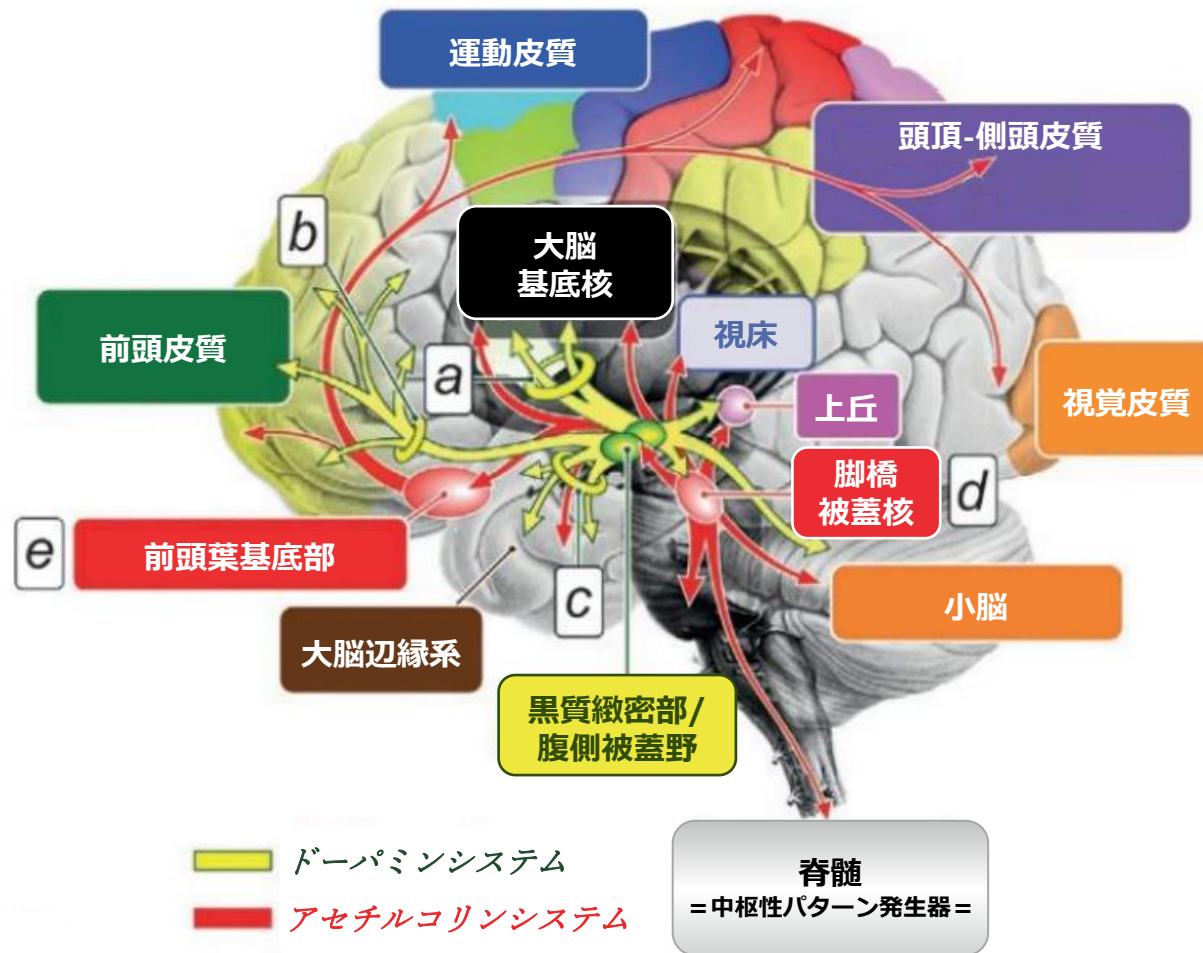
感覚性フィードバックを用いて正確に歩行を調節する

姿勢・歩行制御に関わる基本的な信号の流れ



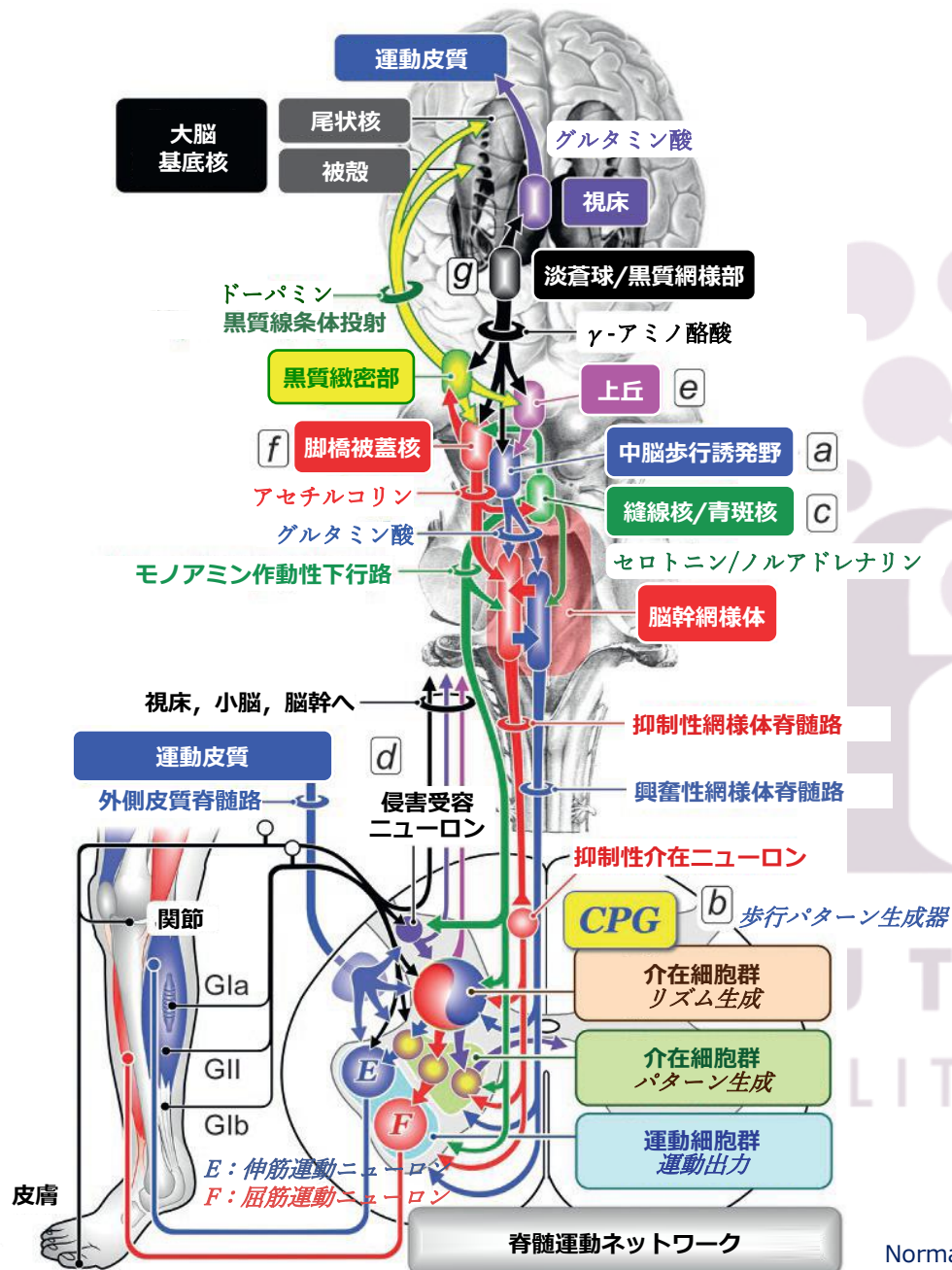
視覚受容器、前庭受容器、聴覚受容器、体性感覚受容器（固有受容器）、内臓感覚受容器などの多感覚信号は、中枢神経系の様々な部位に作用する。これらの信号は認知的および情動的な参照となるため、姿勢・歩行の制御は状況に応じて、意志的（a）または情動的（b）なプロセスによって誘発される可能性がある。いずれにせよ、脳幹と脊髄による四肢のリズミクな動き、姿勢筋緊張の調節、基本的な姿勢反射などの姿勢・歩行制御の自動的過程（c）が必要である。特に不慣れた状況下で適応的な行動を達成する場合には、自発的あるいは意図的な姿勢・歩行の制御が極めて重要である。

ドーパミン作動性（DA）およびアセチルコリン作動性（ACh）システムの概略図



線条体に投射する黒質緻密部のDAニューロン（a）は、大脳基底核関連機能に寄与する。腹側被蓋野のDAニューロンは、中脳皮質（b）および中脳辺縁系（c）の投射を介して前頭前皮質および大脳辺縁系を神経支配する。DAニューロンは脳幹や小脳にも投射する。コリン作動性システムは、皮質（d）および皮質下（e）を支配する。脚橋被蓋核内のAChニューロンは、視床、大脳基底核、脳幹、小脳を介して投射される。前頭葉基底部のAChニューロンは、大脳皮質のより広い領域に投射する。視床へのACh投射は、覚醒レベル（上行性網様体活性化システム; ARASとして）と感覚処理に関与している。

脳幹と脊髄における運動器系の機能的組織



- 中脳歩行誘発野のグルタミン酸作動性ニューロンは、興奮性網様体脊髄路と抑制性網様体脊髄路、モノアミン作動性下行性経路を動員することにより、脊髄運動ネットワークを活性化する。抑制性網様体脊髄路は抑制性介在ニューロン群を介して脊髄運動ネットワークの活動を抑制する(Takakusaki et al.2001,2003b)。
- 脊髄運動ネットワークは、歩行パターン発生器を構成する介在ニューロン、筋収縮のパターンを形成する介在ニューロン、運動ニューロンの3層からなる。筋、関節、皮膚からの末梢感覚求心性神経は、各層の脊髄ニューロンに作用する。脊髄で発生した事象は、脊髄上部に送り返される。
- 縫線核と青斑核のモノアミン作動性ニューロンは、直接作用と興奮性網様体脊髄路の促通により、脊髄運動ネットワークを促通する。
- モノアミン経路もまた、侵害受容介在ニューロンに作用することにより、侵害受容に寄与している。
- 上丘の信号は同側の中脳歩行誘発野への投射を介して逃避行動を誘発する。
- 脚橋被蓋核投射は黒質緻密部のドーパミンニューロンも興奮させ、そのドーパミンニューロンが大脳基底核の尾状核と被殻の線条体ニューロンを調節する。
- 淡蒼球と黒質網様部は大脳基底核の出力核である。これらには、神経伝達物質としてγ-アミノ酪酸を持つニューロンがある。γ-アミノ酪酸作動性ニューロンは視床皮質および脳幹ニューロンに作用し、皮質および脳幹の活動を調節する。

略語 GIa : Ia群紡錘求心性神経
GIb : Ib群腱求心性神経
GII : II群紡錘求心性神経

Kaoru Takakusaki: Gait control by the frontal lobe. In David S.Younger, Handbook of Clinical Neurology, Vol.195 (3rd series), Motor System Disorders, Part I: Normal Physiology and Function and Neuromuscular Disorders, ELSEVIER, 2023
監修：大槻利夫／作成：広田真由美

本日の内容

- 直立二足歩行の特徴と神経機構
- **脳卒中片麻痺者の歩行の特徴**
- 歩行の評価と治療のポイント

```

      \
      .001.^
      u$0N=1
      z00BAI
      |.,.=^
      ;<'.
      NRX^=-\
      z0c^<X^
      ^B0s^~^
      @0$H~'
      n$0=XN;.\
      iBBB0vU1=~'
      $000cRr\vuI
      FAHZuqr-'
      ZZUFA0FI.\
      ;BRAHv n$U^
      \ARN1 ^0si
      'Onv~ 01.'
      c0qr n~.\
      aUU\ uI\
      \R0- :.\
      nn~\ -=.\|~\
      =1^'.. \..

```

FUKUTOMI
REHABILITATION

脳卒中患者の歩容



左IC

左MSt

左TSt

左PSw

左MSw

左IC

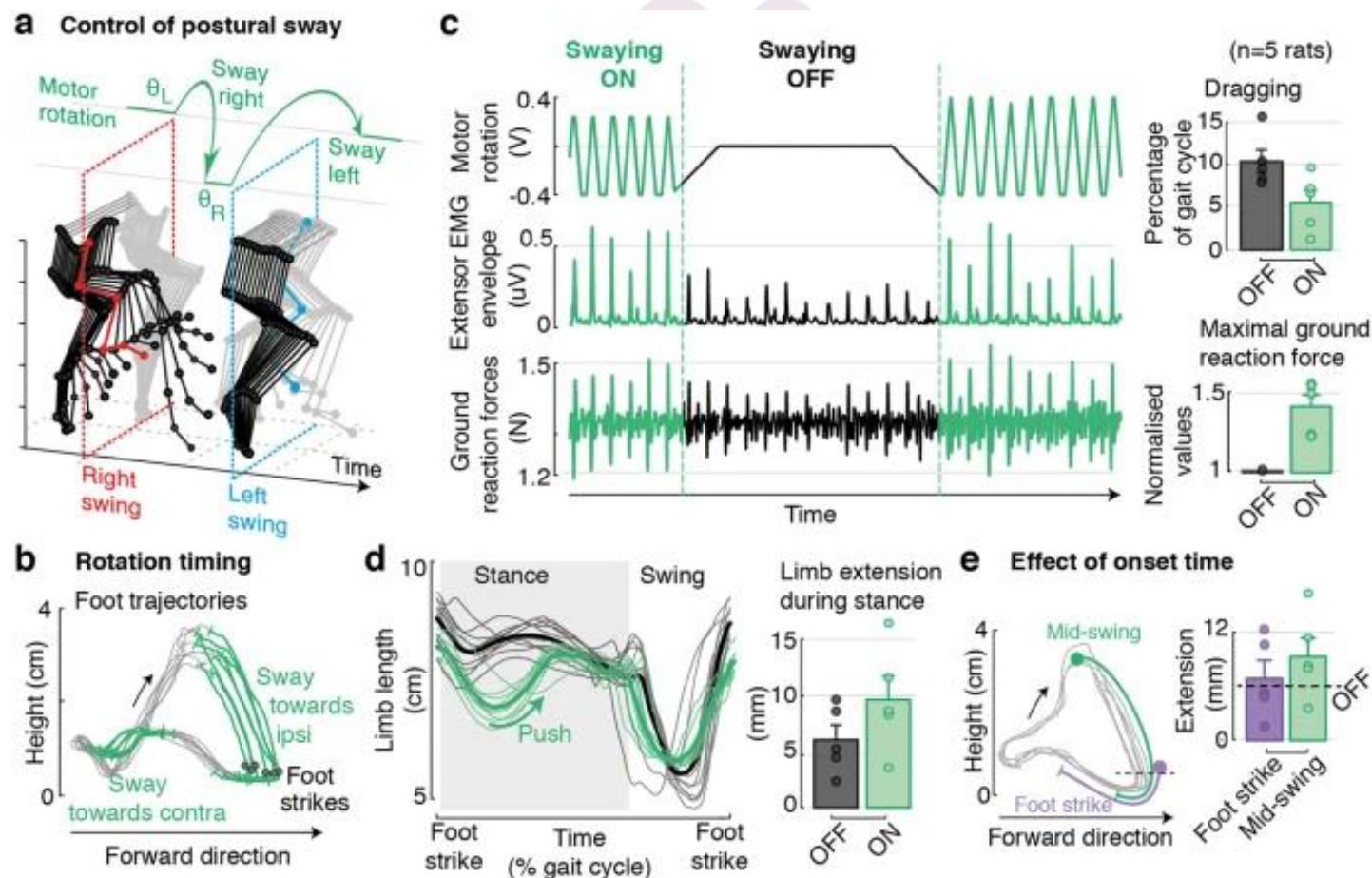
脳卒中片麻痺者の歩行の特徴

1. 歩行速度が遅い
2. 麻痺側下肢での立脚時間の減少
3. 歩き始め（一歩目）をどの方向へも麻痺側下肢から振り出すことが多い
4. 麻痺側の踵接地が困難（つま先あるいは足底全体で接地）
5. 接地後に麻痺側足関節が内反しやすく支持が不安定
6. 立脚期に麻痺側膝関節が屈曲位または過伸展位である
7. 立脚後期（股関節伸展位）への移行が困難
8. 遊脚初期で麻痺側つま先の離れが悪く遊脚期にクリアランスがとれない
9. 歩行中に麻痺側上肢の連合反応が助長される
10. 歩行が意識的に行われるため二重課題が困難
11. 環境や課題に応じた歩行パターンの変化・対応が困難

Real-time control of postural sway enhances locomotor performance.

- 姿勢の揺れをリアルタイムで制御することで、運動能力が向上した
- ロボットによる姿勢の揺れは、揺れる手足の可動域と足の接触時の強化された負荷に伴う体重の変化を促進した
- 同時に、これらの回転は立脚の重量を減らすことに貢献し、立脚期の終わりに足を降ろすことと容易にした

姿勢の揺れをリアルタイムで制御することで運動能力が向上



Morad, Eduardo Martin, et al. "Closed-loop control of trunk posture improves locomotion through the regulation of leg proprioceptive feedback after spinal cord injury." Scientific reports 8.1 (2018): 1-12.

体幹方向の変化がもたらす タイミングの重要性

- このロボットによる姿勢の揺れをリアルタイムに制御するプログラムは、熟練したセラピストの誘導が基になっている
- また、スイング中に早すぎる回旋（sway）がトリガーされると、反対側の脚で発生する支持相が中断される

Moraud, Eduardo Martin, et al. "Closed-loop control of trunk posture improves locomotion through the regulation of leg proprioceptive feedback after spinal cord injury." Scientific reports 8.1 (2018): 1-12.

セラピストのハンドリングによる体幹コントロールは
歩行時の下肢運動の改善に寄与する

本日の内容

- 直立二足歩行の特徴と神経機構
- 脳卒中片麻痺者の歩行の特徴
- 歩行の評価と治療のポイント

```

  \
  .001.^
  u$0N=1
  z00BAI
  I.,.=^
  ;s<'.
  NRX^=-\
  z0c^<X^
  ^B0s^~^
  00$H~'
  n$0=XN;.\
  iBBB0vU1=~'
  $000cRr`vuI
  FAHZuqr-'
  ZZUFA0FI.\
  ;BRHv n$U^
  `ARN1 ^0si
  'Onv~ 01.'
  c0qr n$.\
  aUU\ uI\
  `R0- :.\
  nn~\ -=.\|~\
  =1^'.. \..

```

FUKUTOMI
REHABILITATION

観察および分析のポイント

立位姿勢における身体部位の対称性

- ① 3 平面からの観察
(前面からのmidline、後面、側面)
- ② 効率側・非効率側の特定
(足部、膝、股関節と下から上に)
- ③ hands on における反応
(下肢はリリースを、上肢は振り子運動)

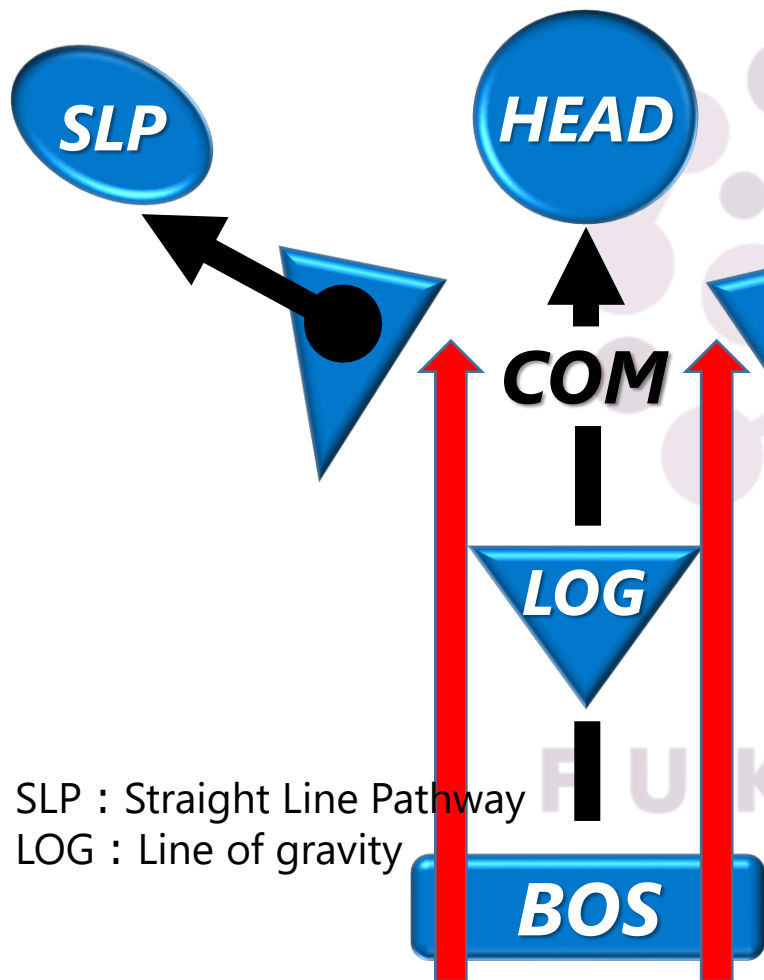
片麻痺患者の立位



- ・ 両側下肢に荷重されているか？
- ・ 重力に抗して（COMをあげられる）身体の平衡を保っているか？
- ・ 足底からの情報変化を受け入れられるか？
- ・ 床反力による運動連鎖はえられているか？
- ・ 右手を自由につかえていけるか？
- ・ 次の運動に移行する為の効率的な姿勢？

Optimal Standing

機能に結びつく動的な立位



SLP : Straight Line Pathway
LOG : Line of gravity

- ・ 対称的なBOS
- ・ 荷重下での多関節運動連鎖
- ・ 正中位指向
- ・ COMを挙げられる
- ・ 橋網様体、前庭、視蓋が両側性に働いている
- ・ 上記が背景にあることでScapula set ができ、頭頸部が正中位へ、上肢が自由になる

2 Same Legs

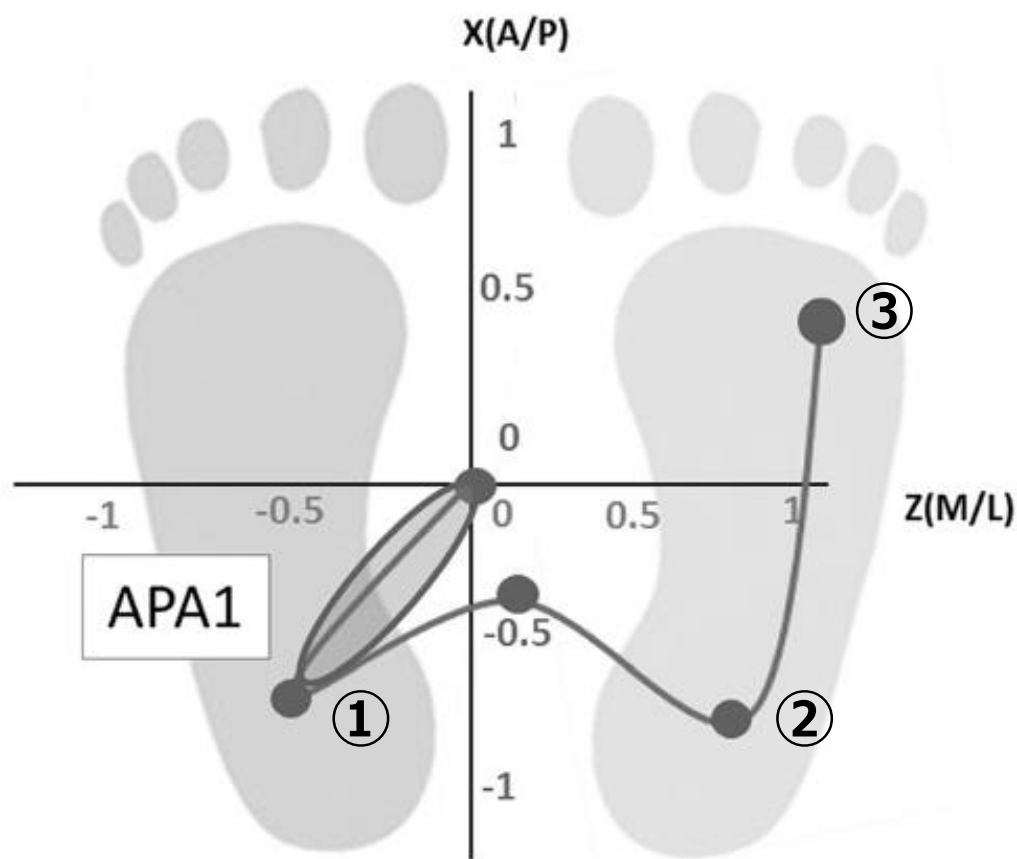
(2016 花の舎BC講義資料より 福富一部改編)

歩行における分析のポイント

1. 歩行開始の一步
2. 荷重の受け継ぎ
3. 一側下肢での支持
4. 遊脚下肢の前進
5. 歩行における上半身の役割
6. 歩行における足部の役割

FUKUTOMI
REHABILITATION

始めの一步：足圧中心(COP)の動き



ステップ開始時のCOPの変化

開始肢位（静止立位）
COPは両足部の中間

- ①遊脚側（左）の踵へ移動
- ②立脚側（右）の踵へ移動
- ③前足部へ向かって前方へ変位

歩行開始の一步



脳卒中患者の歩行 歩き始めに関する問題

- 転倒は歩行開始時に多い
- 予測的姿勢制御（APA's）の機能不全を背景とした動作開始時の不安定が問題になっている

(Onuma , et al. 2021)

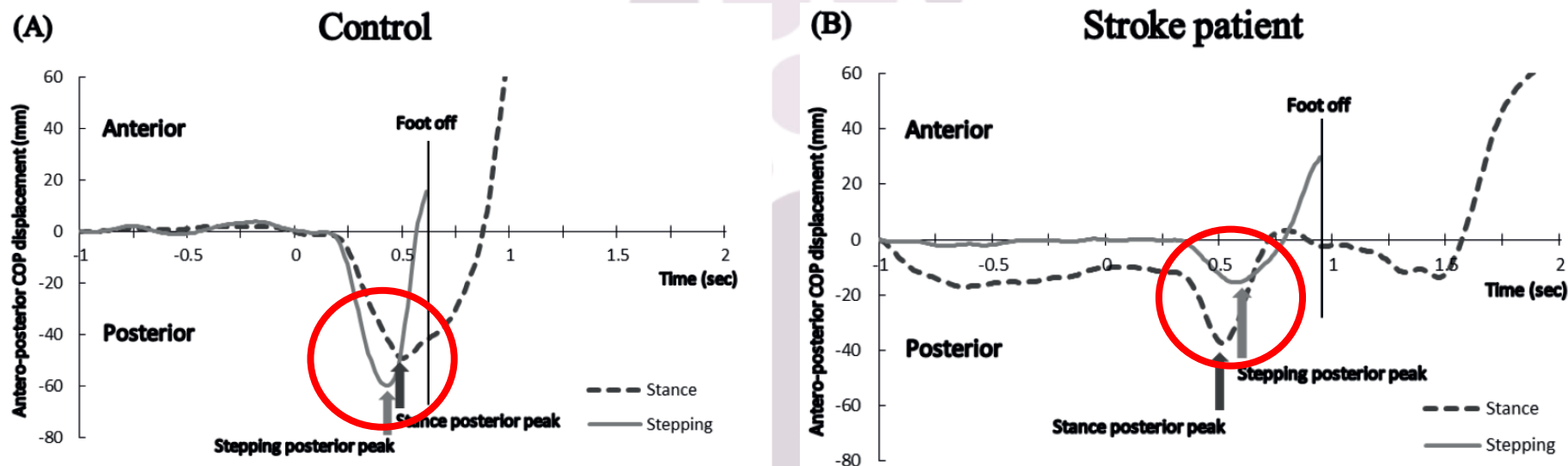
- 脳卒中患者の35%がAPA期のCOP変位を欠き、低い歩行速度でゆっくりと体重移動を行うことが報告されている

(Rajachandrakumar, et al. 2017)

- 麻痺側脚の踏み出しのピーク潜時が増加することは、脳卒中患者が立脚側に重心を移動させる際に生じる非対称性や困難さの新たな説明となり得る

(Delafontaine, et al. 2019)

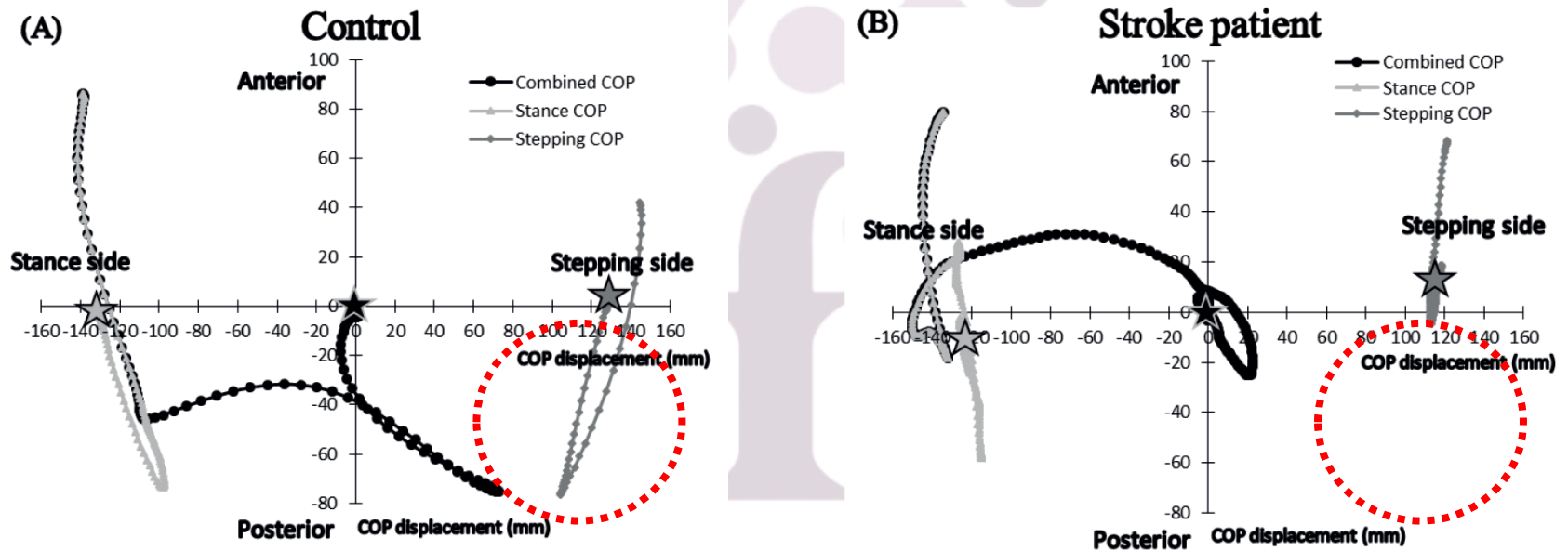
歩行開始時の各脚の圧力中心 (COP) の前後変位



(実線：ステップ足の COP 軌跡, 破線：立脚の COP 軌跡)

- ・ 対照群では、一般に立脚COPよりも踏み出し脚COPの変位ピークが早いことが示された。
- ・ 脳卒中患者群では、少なくとも麻痺側脚が先行する場合には、立脚側脚のCOPの方が早く変位ピークを迎えた

歩行開始中の各被験者グループにおける 結合および個々の圧力中心 (COP) の変位 軌跡の例



対照群では、立脚・遊脚ともCOPのピークは等しく大きかったが、脳卒中患者群では、麻痺側脚がリードしているとき、非麻痺側脚より麻痺側脚の方がピークの大きさが小さかった

The problem of the gait initiation in post-stroke.

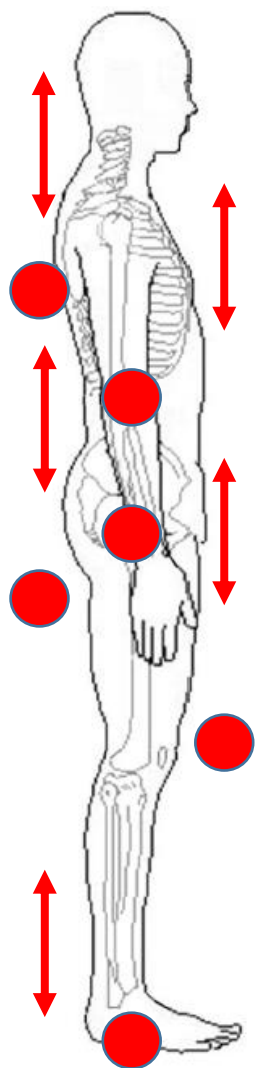
- Stroke patients might thus find it difficult to adjust their centre of gravity towards the stance side during gait initiation, which can hinder gait and balance.

脳卒中患者は、歩行開始時に重心を立脚側に調整することが困難で、歩行やバランスに支障をきたす可能性がある

- The point is that the delayed peak latency on the paretic side at the start of gait in post-stroke hemiplegic patients is associated with motor dysfunction and decreased gait balance ability.

ポイントは、脳卒中後の片麻痺患者における歩行開始時の麻痺側ピーク潜時の遅延は、運動機能障害や歩行バランス能力の低下と関連しているという点である

再獲得したい立位姿勢は？



左図：理想の立位

↑ ↓ : 筋の長さが
必要な部位
● : 筋の活動が
必要な部位

右図：患者の立位

— : 筋活動の
低い部位
+ : 筋活動が
過剰な部位



Gait Initiation : 歩行の開始

- 歩行の最初の一步（Gait Initiation）は、皮質脊髄システムによって駆動される随意運動であり姿勢コントロールに乏しい脳卒中患者にとってもっとも難しい課題の一つである
- Gait InitiationはAPAsとともに起こる（遊脚下肢の屈曲によって生じる予測可能な外乱をfeedforwardにコントロール）
- 橋網様体脊髄システムと前庭脊髄システムの同側の抗重力システムの協調的統合により、支持下肢の上に軸性の伸展を生み出せることが必要

Gait Initiation

歩行の開始を獲得するには

- Gait Initiationの成功は、臨床的には片脚立位（Single Leg Stance: SLS）の獲得の能力と関係している
- 片脚支持期は次の遊脚のための運動エネルギーの発生と蓄積に重要である
- 麻痺側と非麻痺側の両側でSLSを獲得することは、代償と連合反応を減らすことに繋がる
- 最初の踵接地まで、姿勢コントロールが継続できること

（JBITA教育セッション資料, 2022）

Kinetic Chains



Joseph Schwartz : The Five Primary Kinetic Chains. Movement Mantra, 2017

<https://www.book2look.com/book/xUS62UC0ca> リハビリテーション ふくりは 42

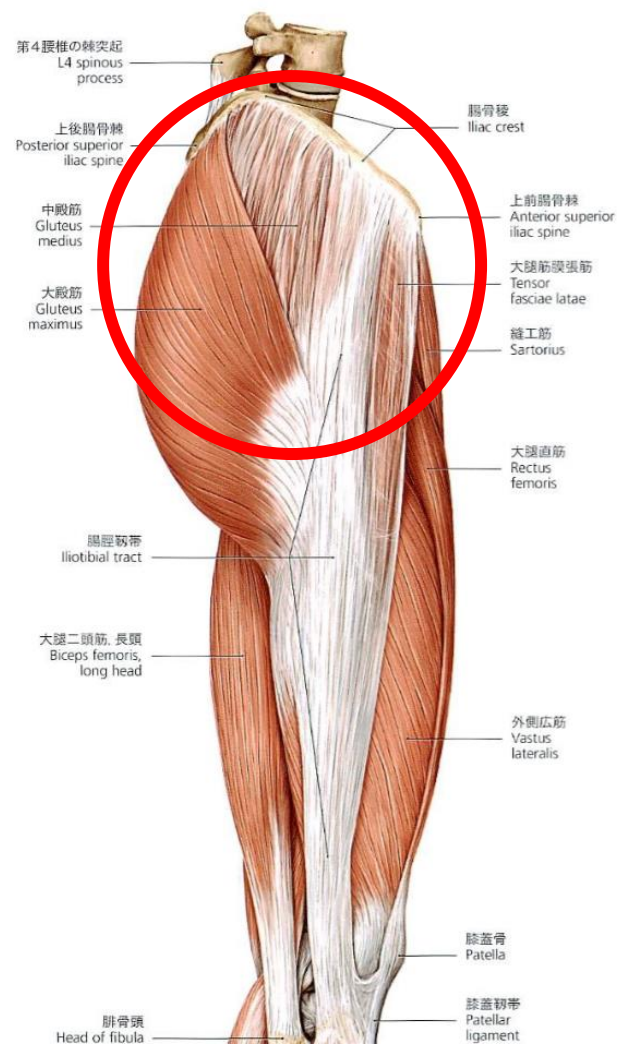
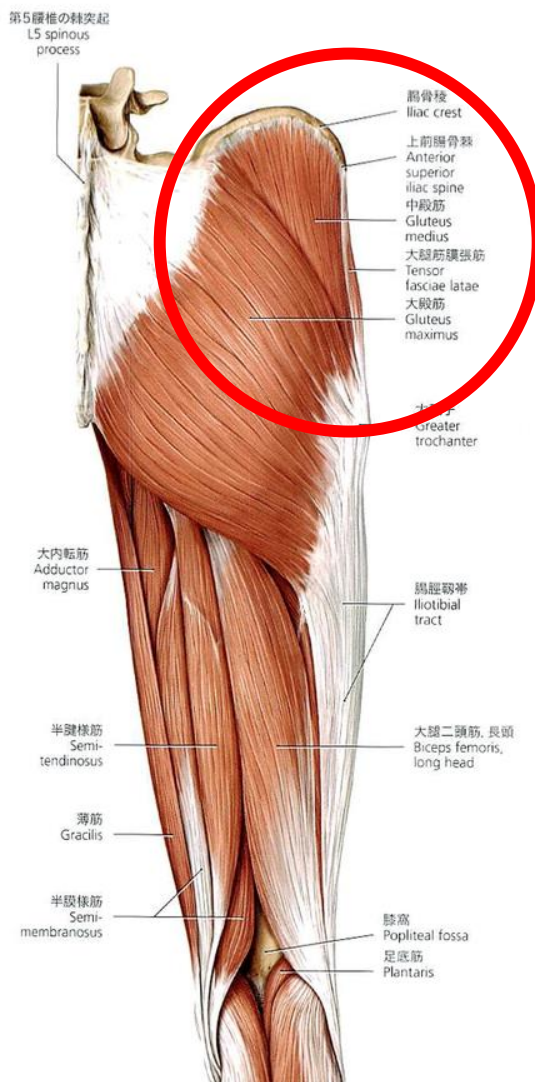
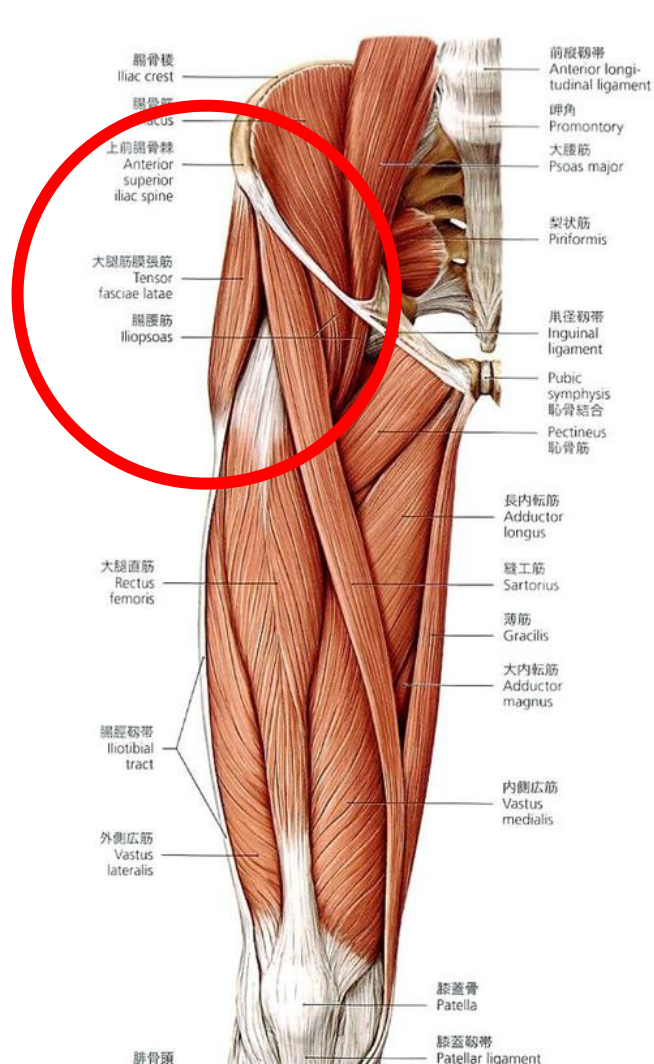
Hip abductor mechanism



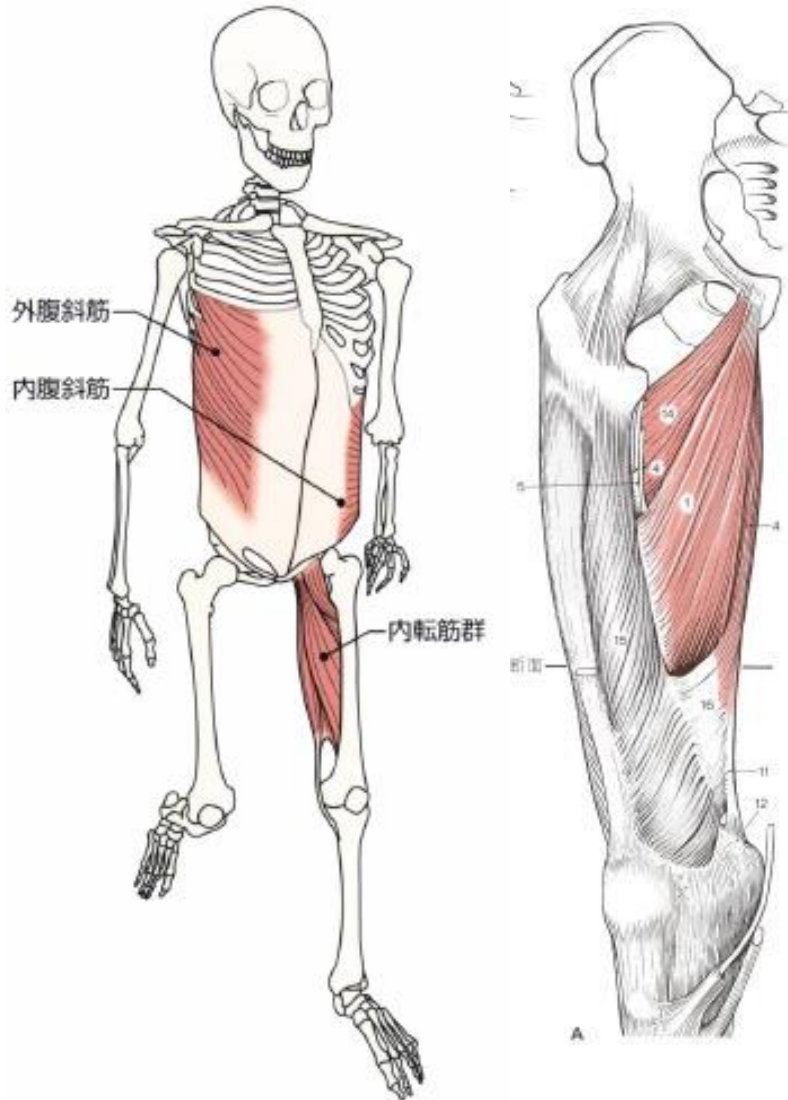
- 片脚での機能的活動間の最適な骨盤-大腿のアライメントは、バランスのとれた筋肉の複雑なシステムの活性化と外側筋膜の安定関機構を必要とする
- Muscles
 - gluteus minimus 小殿筋
 - gluteus medius 中殿筋
 - piriformis 梨状筋
 - tensor fasciae latae 大腿筋膜張筋
 - Iliotibial band 腸脛靱帯
 - Superior portion gluteus maximus 上部大殿筋
 - vastus lateralis 外側広筋

(理学療法士講習会-脳卒中片麻痺患者への評価と治療実践 資料より)

外転コンポーネント

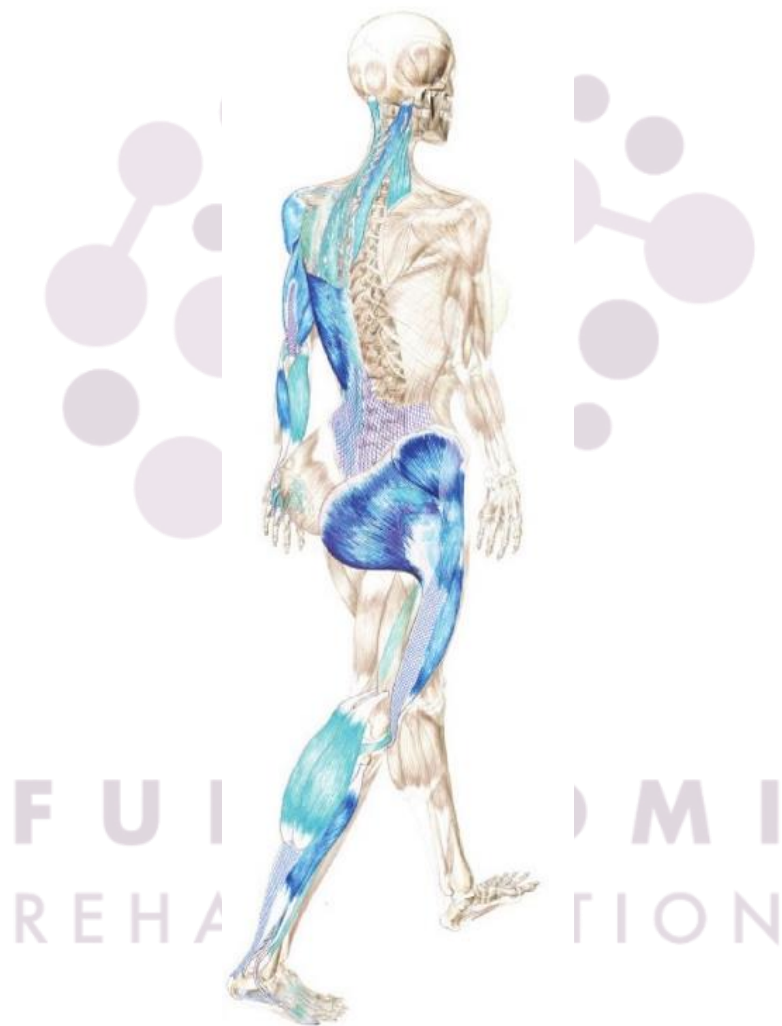


立脚期における大内転筋の役割



- 坐骨結節から大腿骨遠位内側に走行し、停止部において内側広筋と連結を有している
- このため立脚期において骨盤を膝関節の上へ配置させる作用を持つ
- 殿筋群によって骨盤の側方安定化が図られている場合に、膝関節が骨盤に対して外側へ変位することを制動する

立脚後期

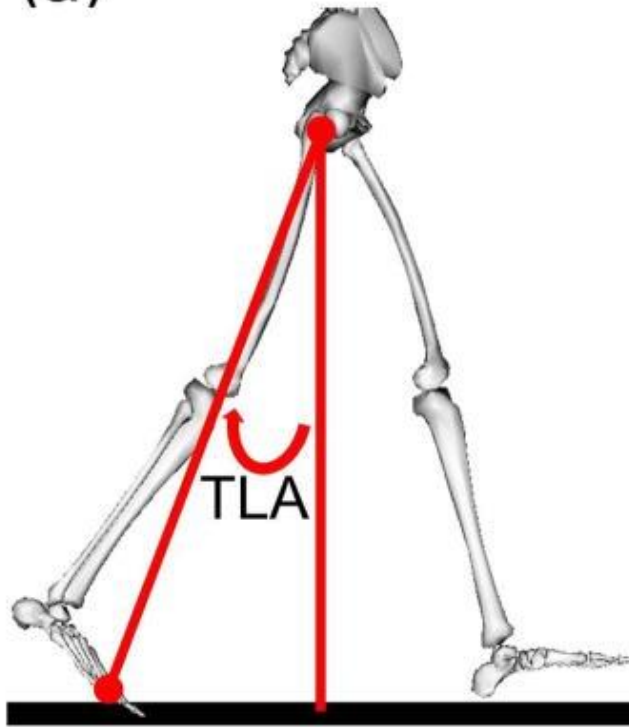


Joseph Schwartz : The Five Primary Kinetic Chains. Movement Mantra, 2017

<https://www.book2look.com/book/xUSG2UC0ca> リハビリテーション ふくりは 46

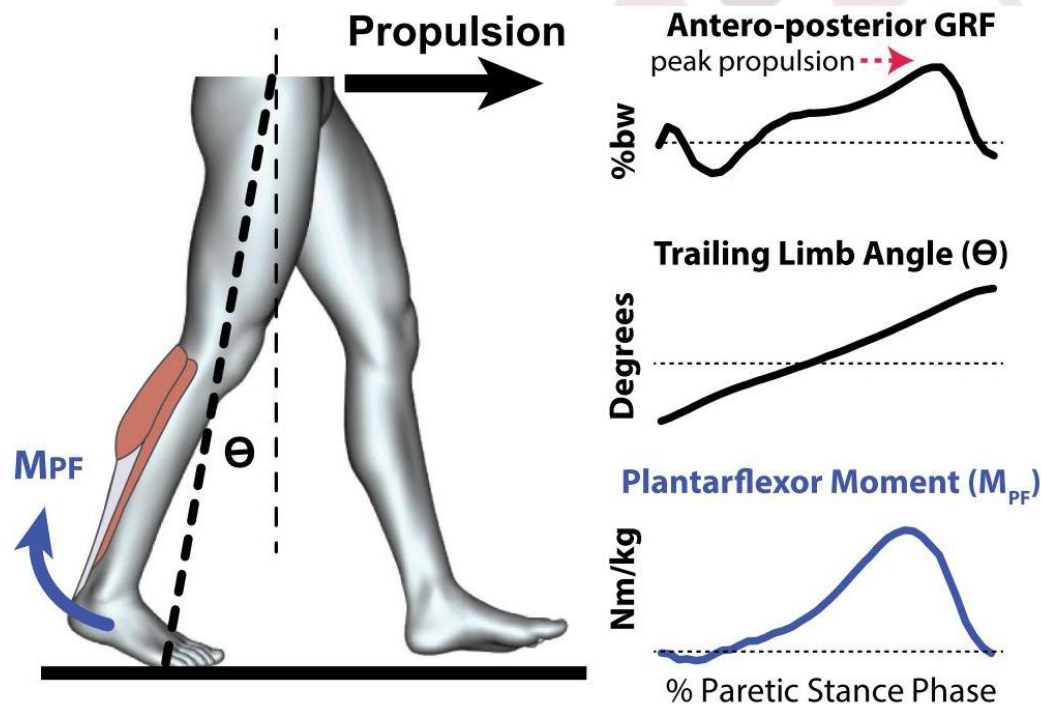
TLAと足首モーメントの予測モデル

(a)



- TLA : 大転子からの垂線と第五中足骨頭との角度 → 後ろ足の角度
- 例) TLA7度、足関節底屈80Nm⇒推進力68N
この推進力を100Nにしたい場合
足関節底屈筋活動80Nm
⇒116Nmへ (45%増)
TLA 7度⇒10度なら、足関節底屈筋は
2Nm (0.02.5%増) で良くなる
- 健常若年者の平均TLAは13°
- **ターミナルスタンスの重要性を示唆**
(股関節の伸展、膝伸展、足部底屈でのMP支持)

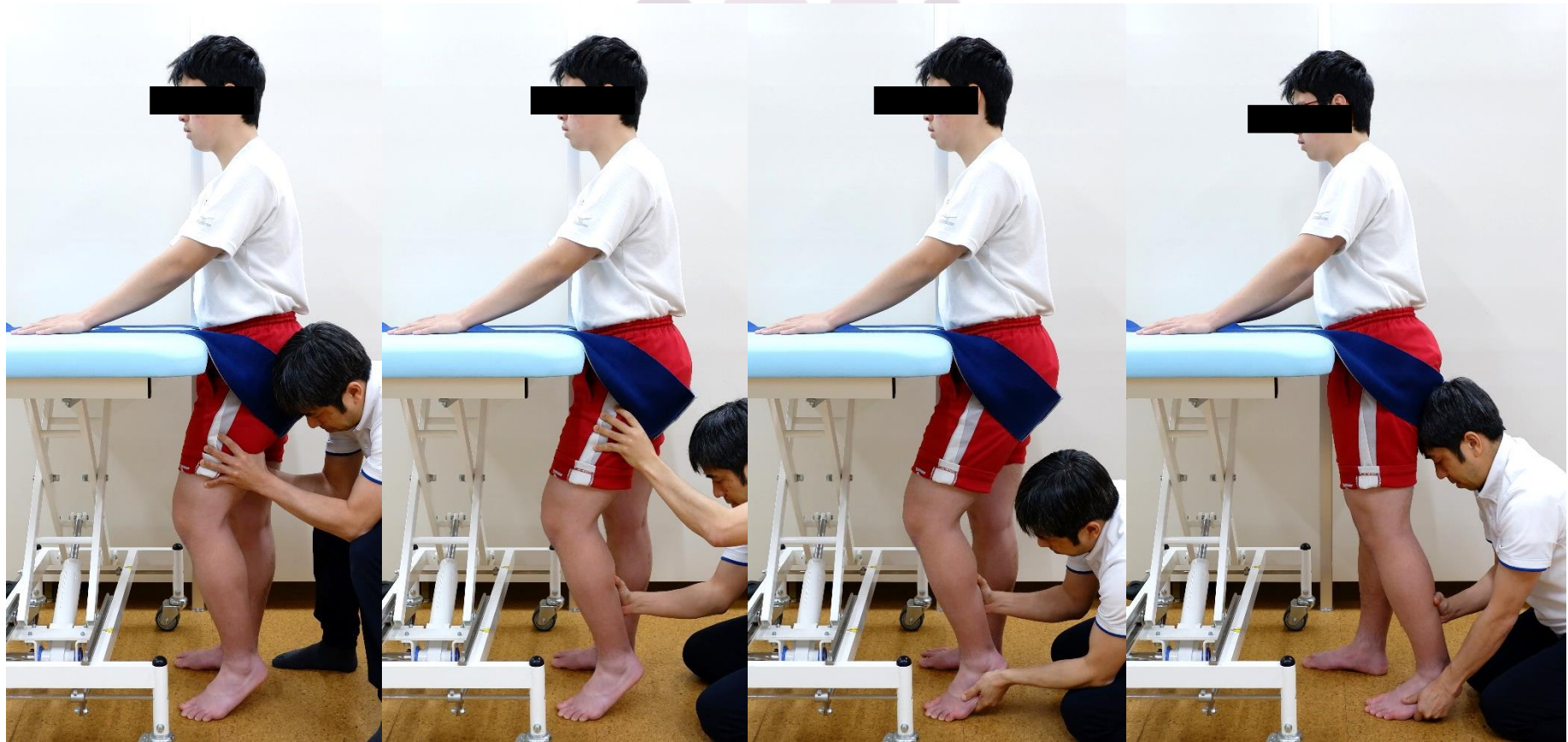
歩行の推進力を高める メカニズム



- 歩行中の推進力は足関節底屈モーメントと股関節伸展角度が相対的に寄与する
- 脳卒中後の歩行では、推進力を増加させるために麻痺側下肢と非麻痺側下肢ともに股関節伸展角度の増加が主に寄与した

Awad L, Lewek M, Kesar T, Franz J and Bowden M (2020) These legs were made for propulsion: advancing the diagnosis and treatment of post-stroke propulsion deficits. Neuroeng Rehabil. Oct 21;17(1):139. doi: 10.1186/s12984-020-00747-6.

後方に足を残す



足部のロッカー機能

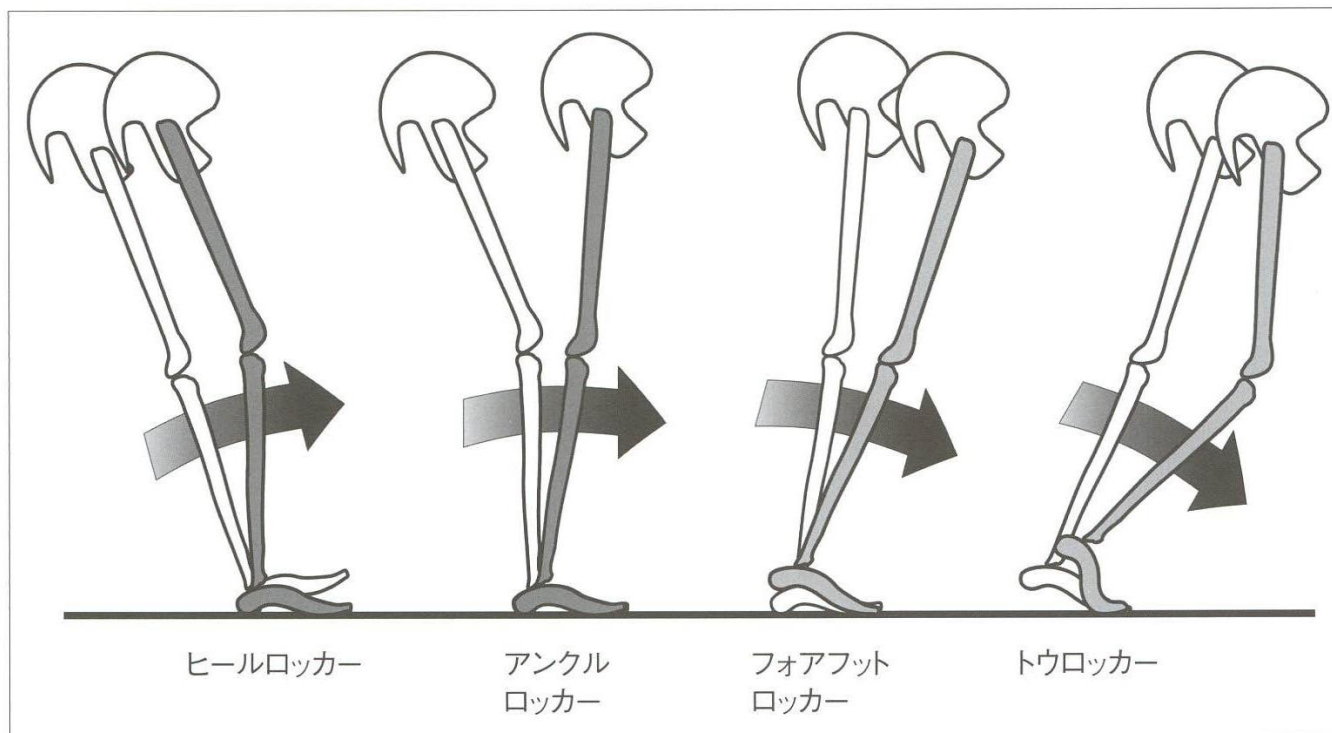


図 3-20

支持する足部を越える前進（矢印）は4つの機能的な揺りてこの動作によって促進される：

1) ヒールロッカー，2) アングルロッカー，3) フォアフットロッカー，4) トゥロッカー．

Perry J, Burnfield JM, 他：ペリー歩行分析 正常歩行と異常歩行 原著第2版．医歯薬出版株式会社，東京，2014，pp20. 図3-20

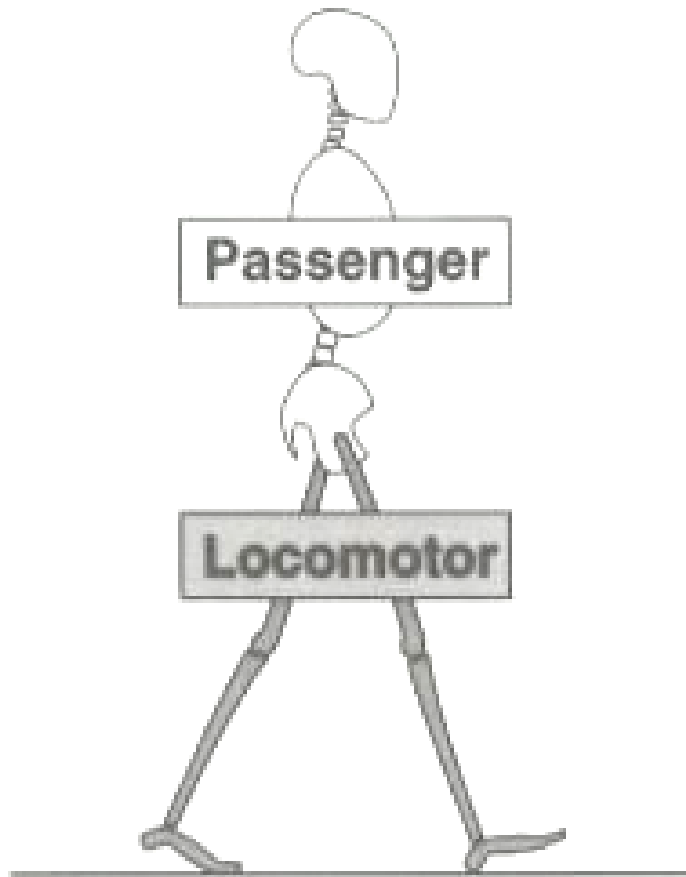
前遊脚期～遊脚初期



Joseph Schwartz : The Five Primary Kinetic Chains. Movement Mantra, 2017

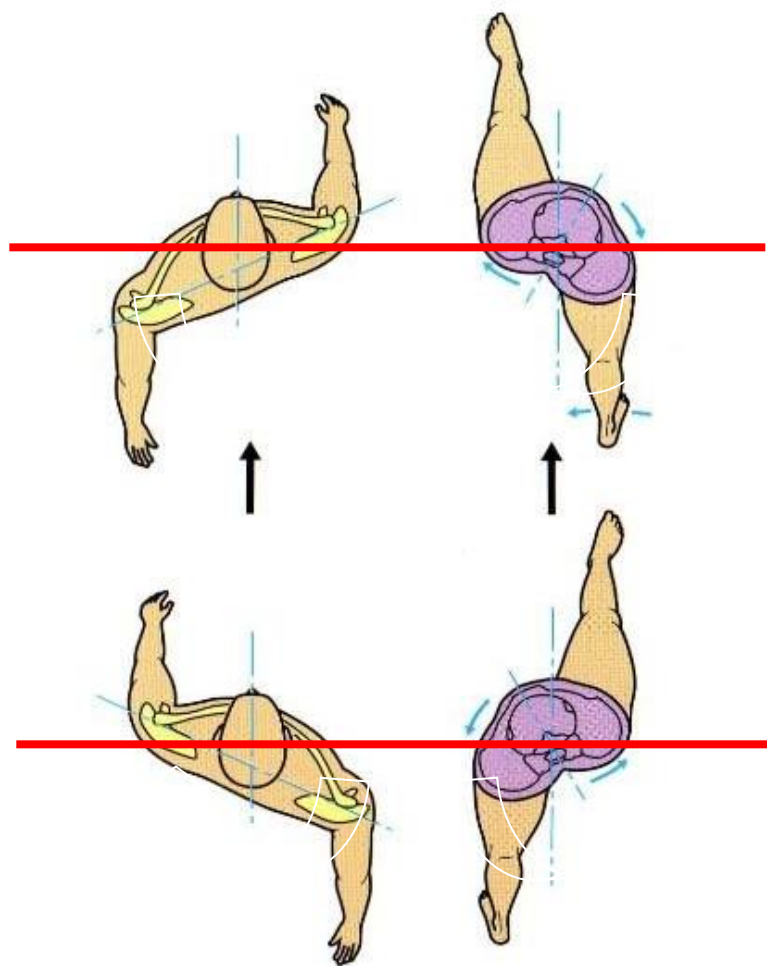
<https://www.book2look.com/book/xUS62UC0ca> 62 51
リハビリテーション ふくりは

歩行における体幹の役割



- Perryは、体幹や上肢、頭頸部を歩行に直接関与しないPassenger unit(単一の物体)として分類し、Passenger unit（体重の70%）を中間位に保持することが歩行時における体幹の役割とした

歩行における身体の動き



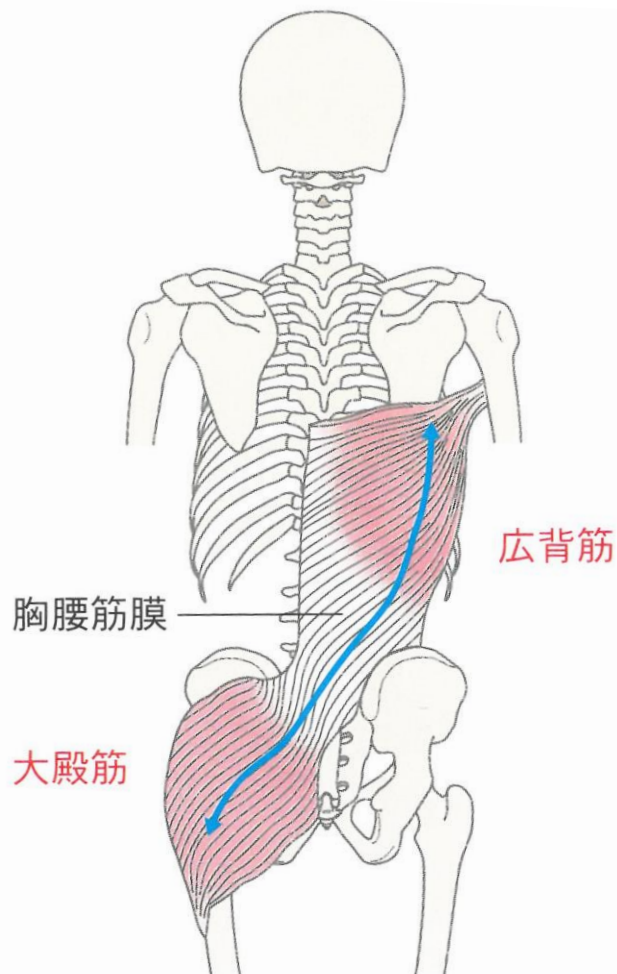
Control in counter-rotation, or the ability to separate upper and lower trunk, is the highest level of trunk control and therefore is not often seen in the hemiparetic patient.

体軸内回旋, または上下の体幹を分離能力におけるコントロールは, 最も高いレベルの体幹コントロールであり, したがって, 片麻痺患者でしばしば見られるわけではない.

During walking there is counter-rotation of the spine with dynamic stability at T7-8.

歩行の間, 脊柱にあるTh7-8は, 動的安定性であり, 体軸内回旋である.

初期接地時の胸腰筋膜による エネルギー伝播

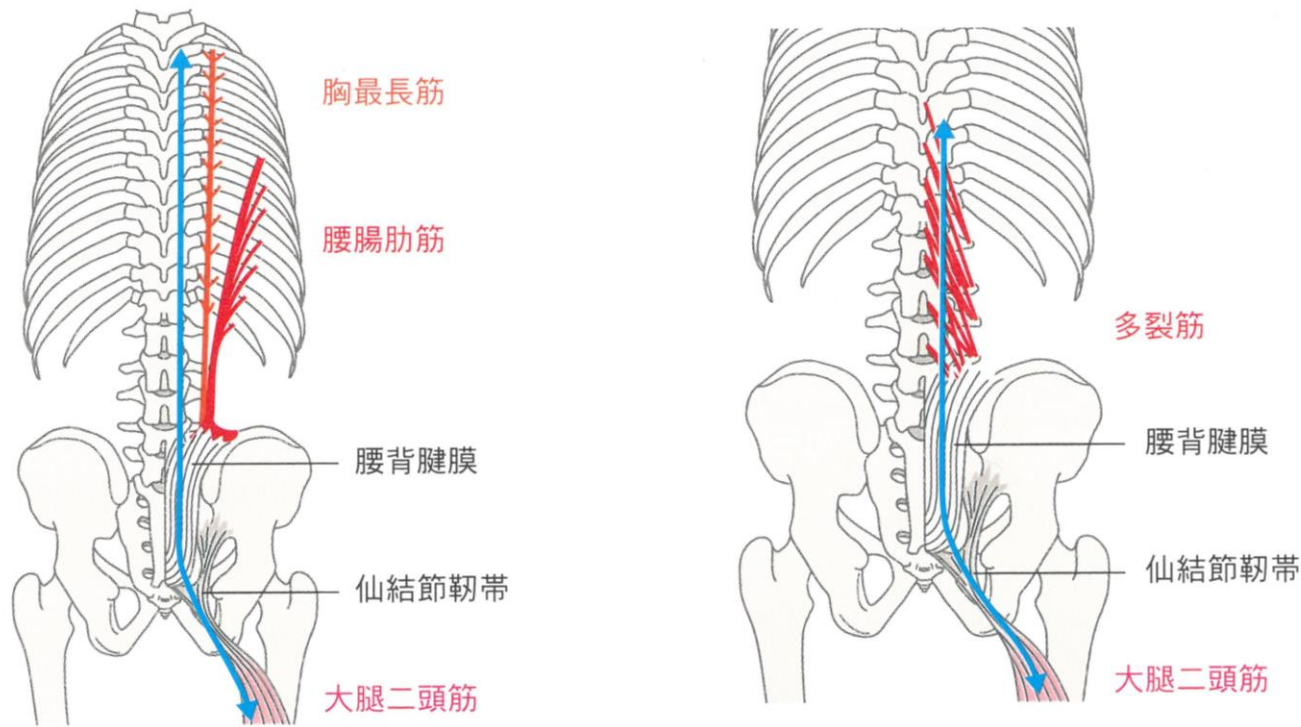


初期接地時に、対側上肢は最も前方に振り出された位置にある
(左足・右上肢が前)

胸腰筋膜を介した大殿筋と対側広背筋の連結性は、骨盤の前進により対側肩峰の後退を促す

立脚中期と終期における上肢の後方への振り出しの力源になる

胸腰筋膜と下肢の筋膜による エネルギー伝播

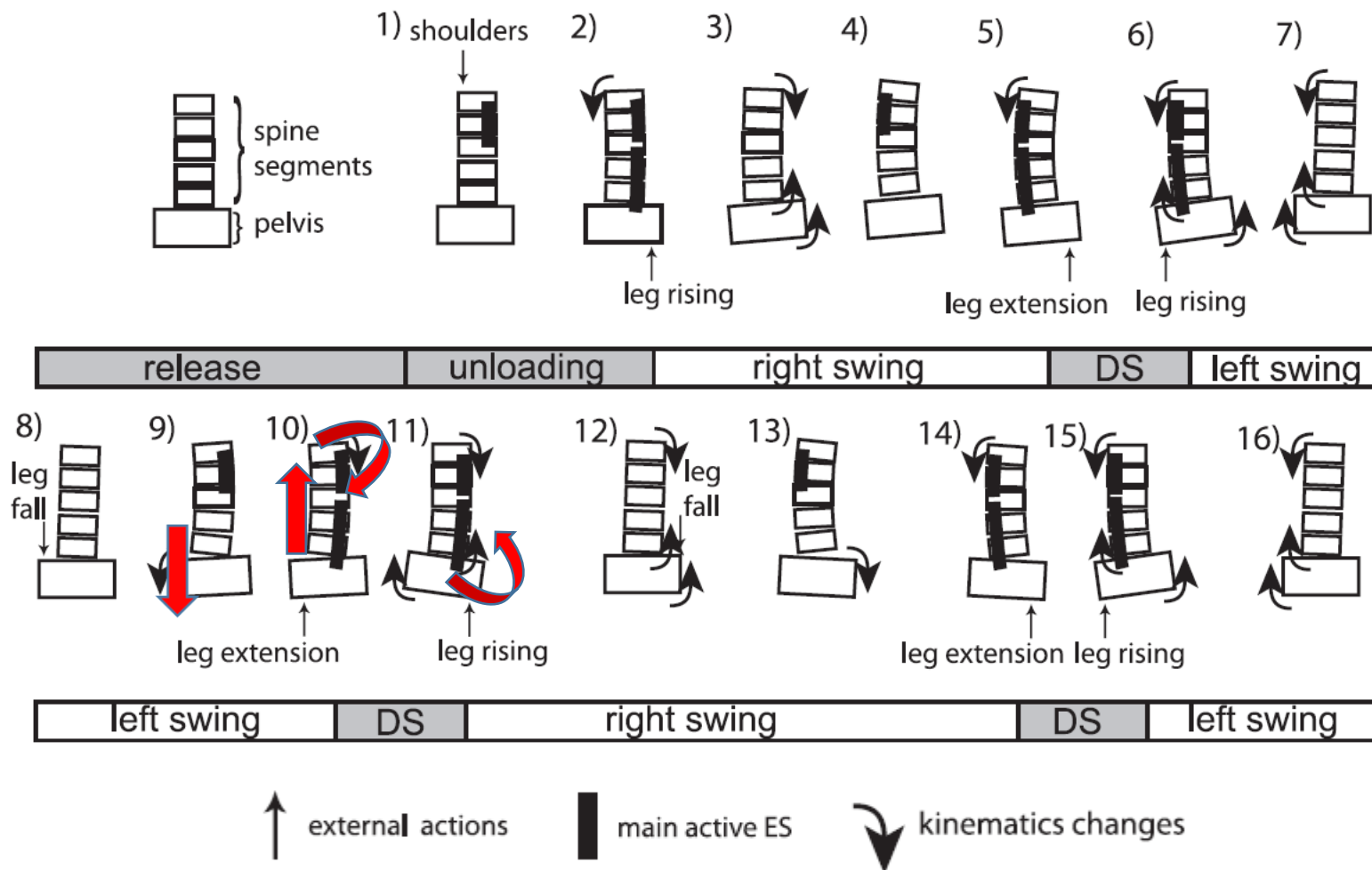


初期接地の直前、同側のハムストリングスが収縮し
仙結節靱帯を伸張し仙腸関節を安定させる。
さらに腰背腱膜を介し、脊柱起立筋と連結する

歩行開始時と歩行中の体幹の活動

- 歩行開始前に支持側には抗重力伸展活動が高まるが、遊脚相側は、運動開始前から脊柱起立筋群の活動が上部体幹から下方に向かって、メタクロナル（波状に）起こる
- 次いで、遊脚相側の骨盤がアップしてスイングを作っていく
- 遊脚相後半には、遊脚相側の上部体幹から下方へのメタクロナルな活動が始まり、
- 両脚支持期後半には、反対側の遊脚期を作っていく
- これはCPGにコントロールされている

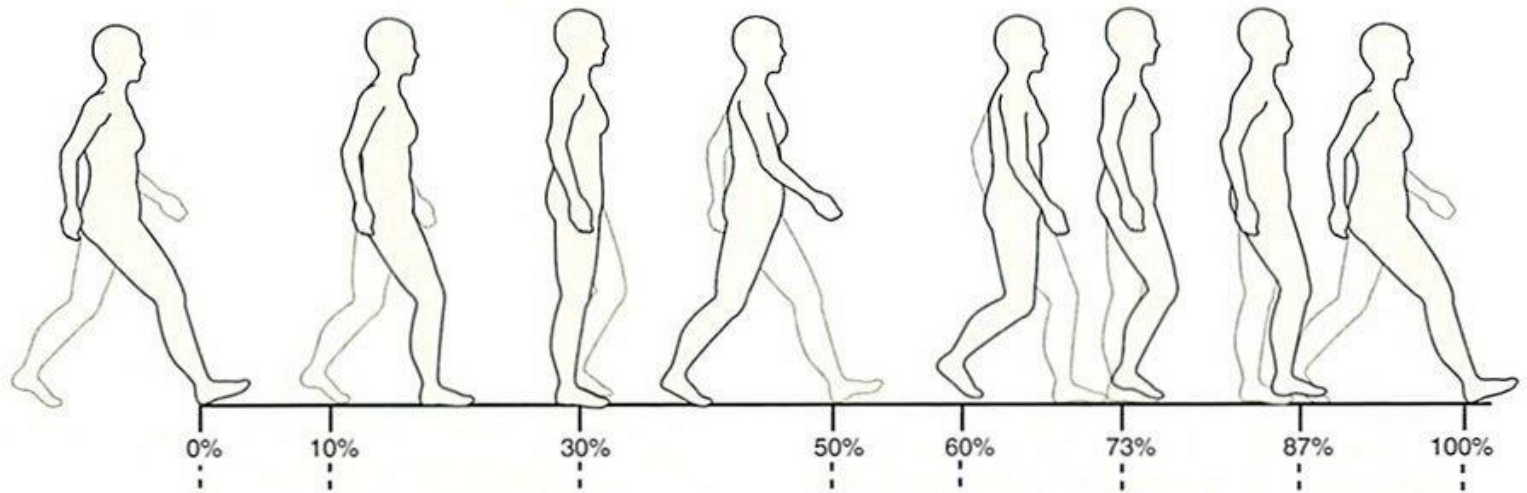
歩行開始時と歩行中の体幹の活動



Ceccato, Jean-Charles, et al. "Comparison of trunk activity during gait initiation and walking in humans." PLoS One 4.12 (2009): e8193.

歩行能力の改善のためには

- 目標に集中する（歩くことに意識しないで）
- 前方への移動は「立位を止める」ことで開始
- 非麻痺側下肢から1歩踏み出すことを可能にする
- HAT（上半身）の重量をできるだけ軽減するためには、身体の姿勢制御が必要であり、この機能の回復には両上肢の参加（制御）も不可欠である
- ターミナルスタンスとプレスイングを獲得する（股関節伸展と足趾伸展）
- できるだけ恐怖感を減らせるように様々な経験をする（床上動作・後方へ転ぶ練習など）
- できれば70 steps/分以上の歩行速度を経験する
- 小さく早いステップを要求すると、リズミカルになりやすい場合がある



相	初期接地	荷重応答期	立脚中期	立脚終期	前遊脚期	遊脚初期	遊脚中期	遊脚終期	
課題	荷重応答		単脚支持			下肢前進			
期間	立脚期					遊脚期			
反対側		前遊脚期	遊脚初期	遊脚中期	遊脚終期	初期接地	荷重応答期	立脚中期	立脚終期

脳と身体のリハビリテーション ふくりは

- ・ターミナルスタンスの反対肢はターミナルスイング
- ・プレスイングの反対肢はイニシャルコンタクトかローディングレスポンス
- ・イニシャルスイングの反対肢はミッドスタンス（初期）
- ・ミッドスイングの反対肢はミッドスタンス（後期）
- ・ターミナルスイングの反対肢はターミナルスタンス
- ・ミッドスイングの反対肢はミッドスタンス（後期）
- ・ターミナルスイングの反対肢はターミナルスタンス

脳卒中患者の歩行の問題点

- 一歩目の出し方が特異的である
- 両側支持について、代償的となる
- APAsの活動低下
- 足部の活動性の低下（C-S system）
- Ankle strategyの低下による脛骨の前方運動の低下
- 大腿四頭筋とハムストリングスの相反活動が低下
- 股関節の抗重力筋群の弱化による立脚中期における骨盤側方傾斜が低下する
- 結果、求心性情報を失い感覚の気づきが減少する

歩行獲得のためには

- 多くの患者は再び歩けるようになることを第1の目標とする
- 非麻痺側下肢を1歩踏み出すことを可能にすることが治療の目的
- **1歩踏み出すためには、まず二本足で立てることである**
- 二本足で立つためには、身体の**姿勢制御が必要**であり、この機能の回復には**両上肢の参加（制御）**も不可欠である

歩行能力の改善のためには

- 目標に集中する（歩くことに意識しないで）
- 前方への移動は「立位を止める」ことで開始
- 非麻痺側下肢から1歩踏み出すことを可能にする
- HAT（上半身）の重量をできるだけ軽減するためには、身体の姿勢制御が必要であり、この機能の回復には両上肢の参加（制御）も不可欠である
- ターミナルスタンスとプレスイングを獲得する（股関節伸展と足趾伸展）
- できるだけ恐怖感を減らせるように様々な経験をする（床上動作・後方へ転ぶ練習など）
- できれば70 steps/分以上の歩行速度を経験する
- 小さく早いステップを要求すると、リズミカルになりやすい場合がある

歩行改善のための促通

【Optimal Standingの為のCore Control】

- 体幹の抗重力活動を構築する
- 適切なAPA s コントロールを構築する
- 適切な直立位の為のHead Control
- 重心移動の為の胸郭制御
- Scapula SettingとReaching
- CHOR（適切な身体図式を得るのを助ける）

歩行改善のための促通

【1 St Step】

- 同側性体幹の抗重力伸展活動
- 脊柱の軸性伸展制御
- 股関節筋群の協調的制御
- 重心移動の為の胸郭制御
- Scapula SettingとReaching

【Ankle Strategy】

- 立つ際にCHORがある・なしに関らず
- Stand to sitを通して

Key Messages !

“walking is the ability
to leave one leg behind.

歩行は一側下肢を
【後ろに残す能力】



FUKUTOMI
REHABILITATION

Dr. K Bobath 1990

まとめ

- 直立二足歩行での高い重心の制御は、フォードフォワード制御（網様体系）であり、下肢の制御はフィードバック制御（小脳系）である

繰り返さない繰り返しの練習が必要

- 歩行中は、意識されない働きが主となる

感覚フィードバックが重要

- 歩行の治療では、立脚後期で、できるだけ下肢を後方へ残すこと、両脚支持期では高めた重心を保つことが重要となる

歩行の自立に必要な条件

- 安定性要素
 - ①安静時立位（左右への荷重、始めの一步）
 - ②BOSに身体重心を保持する能力（片脚立位）
 - ③ステップング能力（新たにBOSを作り保持）
 - ④床上動作（受け身/方向転換, 立位⇔背臥位）
- 実用的な歩行速度（姿勢制御と選択的運動）
- 認知機能（状況判断・問題解決能力）

御清聴
ありがとうございました！



ふくりは：学びの場



神経科学、運動分析
課題・動作分析、症例検討
クリニカルリーズニング
実技練習・治療実習 など

<https://tinyurl.com/5n7rrfrn>



コミュニケーション、傾聴
伝え方、意図を汲み取る
人間関係、コーチング
時間管理 目標設定 など

<https://tinyurl.com/23v6uz9x>



ありがとうございました



FUKUTOMI
REHABILITATION

脳と身体の「不安」を「希望」に

ふくりは

完全マンツーマンのオーダーメイド型リハビリ

代表 | 神経系 専門理学療法士
IBITA Basic Course Instructor
福富 利之



ふくりは 情報



FUKUTOMI
REHABILITATION
Toshiyuki Fukutomi

情報の一覧は
こちらから