

-治療に必要な基礎的分析/運動連鎖の誘導方法-

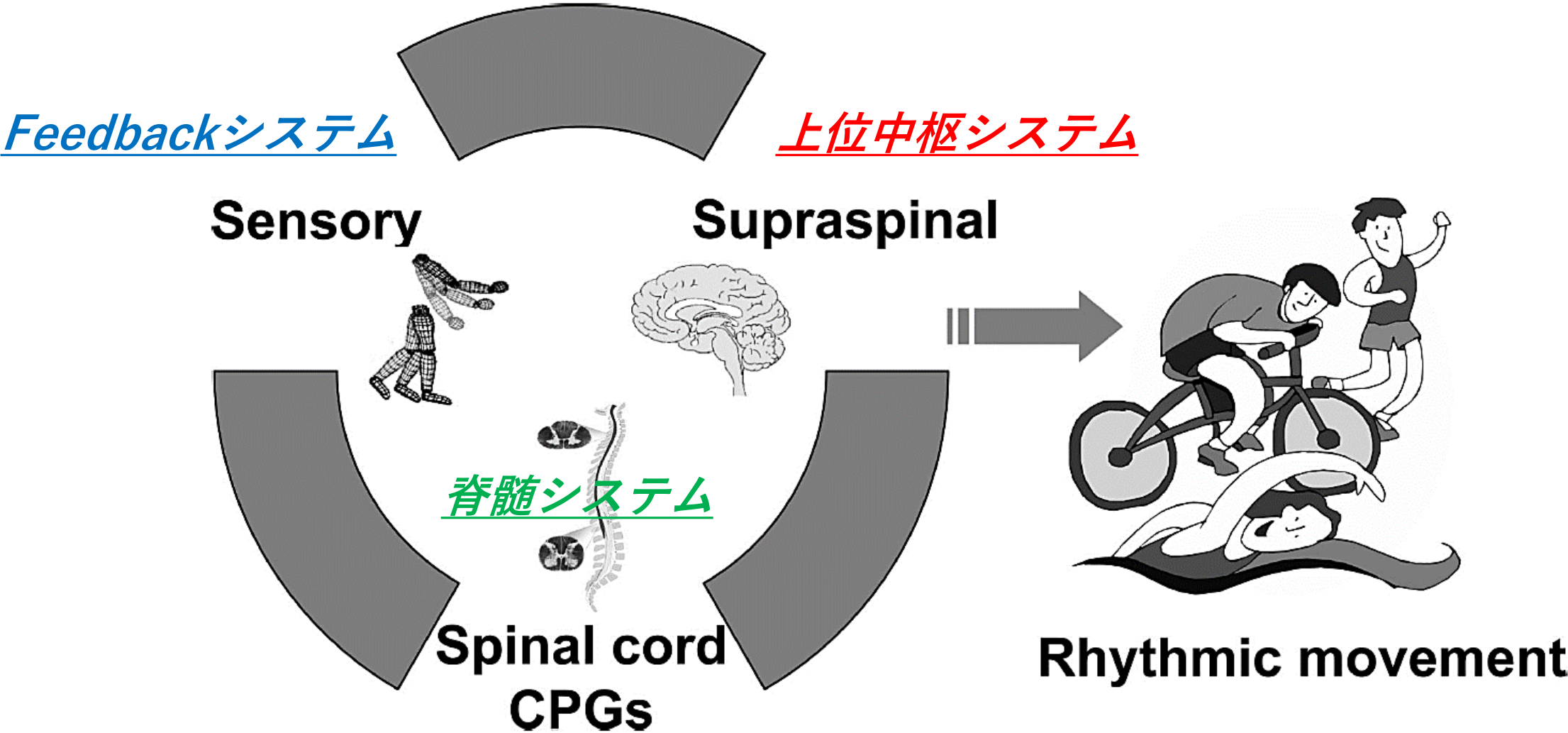


✓ **歩 行 (Walking or Gating)**
-体幹・肩甲骨・上肢操作から考える-

歩行を支える3つの神経システム

Zehr EP : Neural control of rhythmic human movement: the common core hypothesis. Exerc Sport Sci Rev. 2005 Jan;33(1):54-60

- ✓ 歩行のリズミカルな側面(自動的プロセス)は脳幹-脊髄投射系が制御し，姿勢制御や筋緊張調節，CPGが存在する
- ✓ 随意的な歩行(随意的プロセス)，または危険を回避するような場面(情動的プロセス)では，大脳皮質・基底核・辺縁系(視床下部)・小脳が脳幹の活動を修飾する



CPGの中身

De Crommert, H.W.V.; Mulder, T.; Duysens, J. : Neural control of locomotion: Sensory control of the central pattern generator and its relation to treadmill training. Gait Posture 1998, 7, 251-263

- ✓ 上位運動ニューロンから歩行信号は脊髄内に入力され、CPGによるリズム・パターン生成を伴いながら、歩行中における各感覚情報フィードバックに基づいて調整される
- ✓ 歩行の各相において、必要な感覚情報を入力することのできる構成要素(筋骨格系)を提供することが要求される

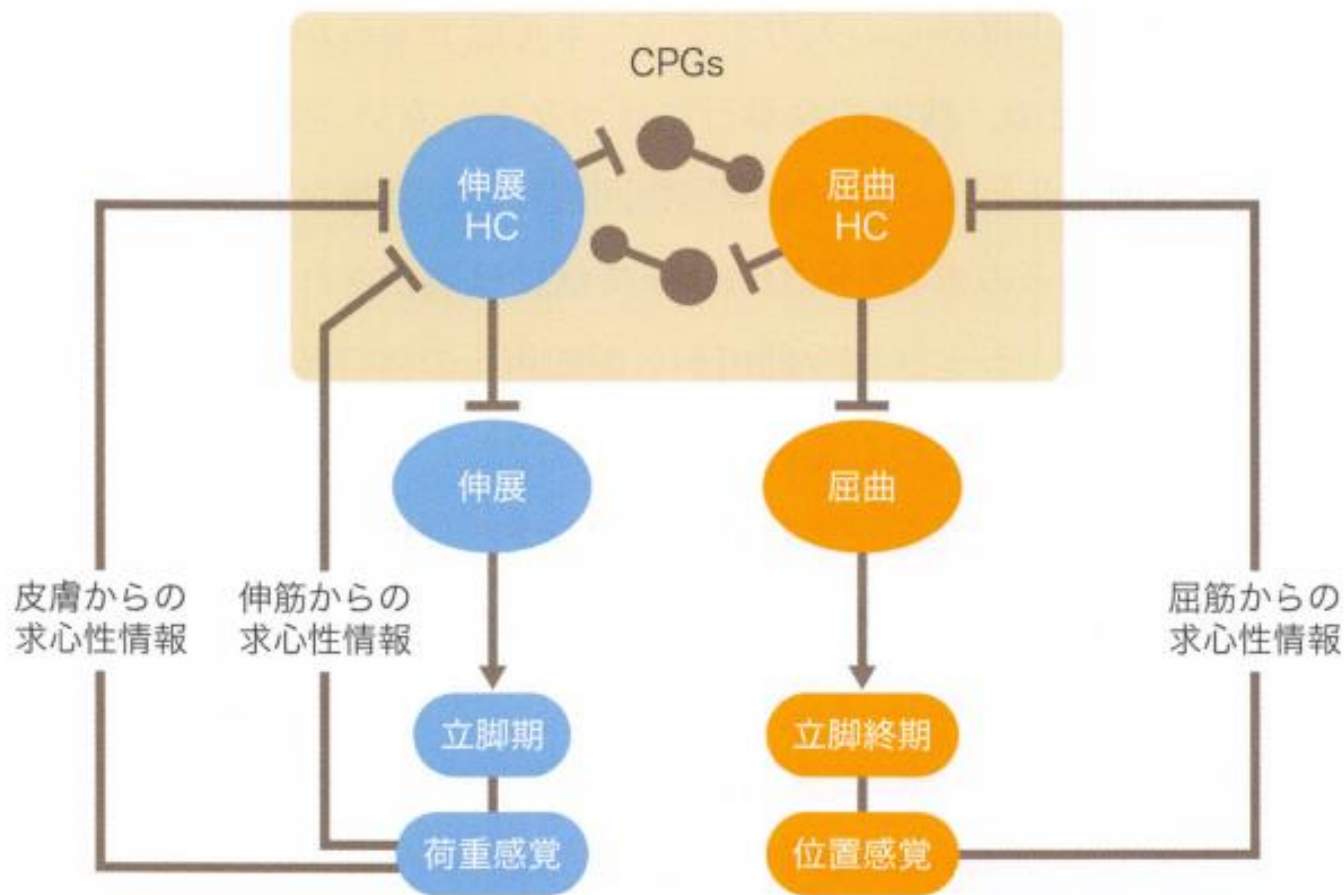


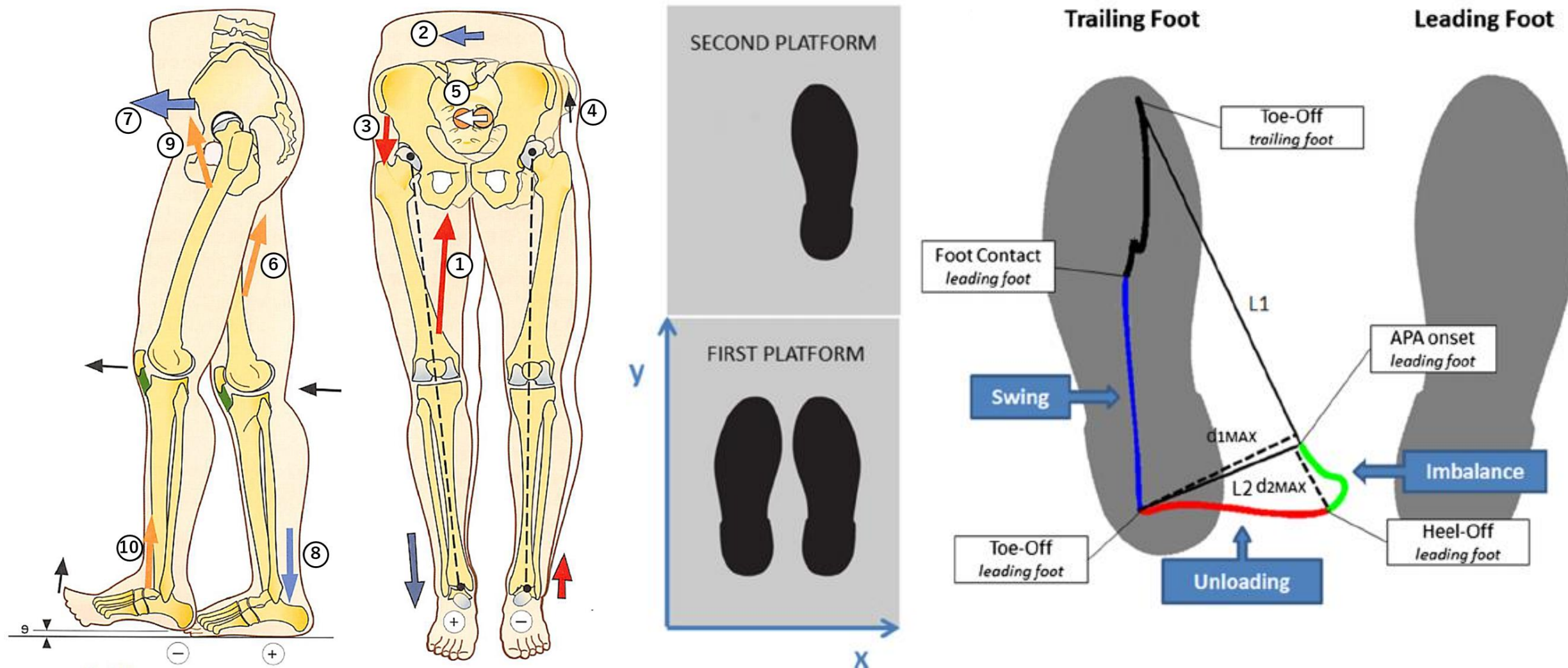
図 6-22 | リズミカルな運動生成とフィードバックメカニズム



開始の一步(=FirstStep)の中身

Bonora G et al : A new instrumented method for the evaluation of gait initiation and step climbing based on inertial sensors: a pilot application in Parkinson's disease. J Neuroeng Rehabil. 2015

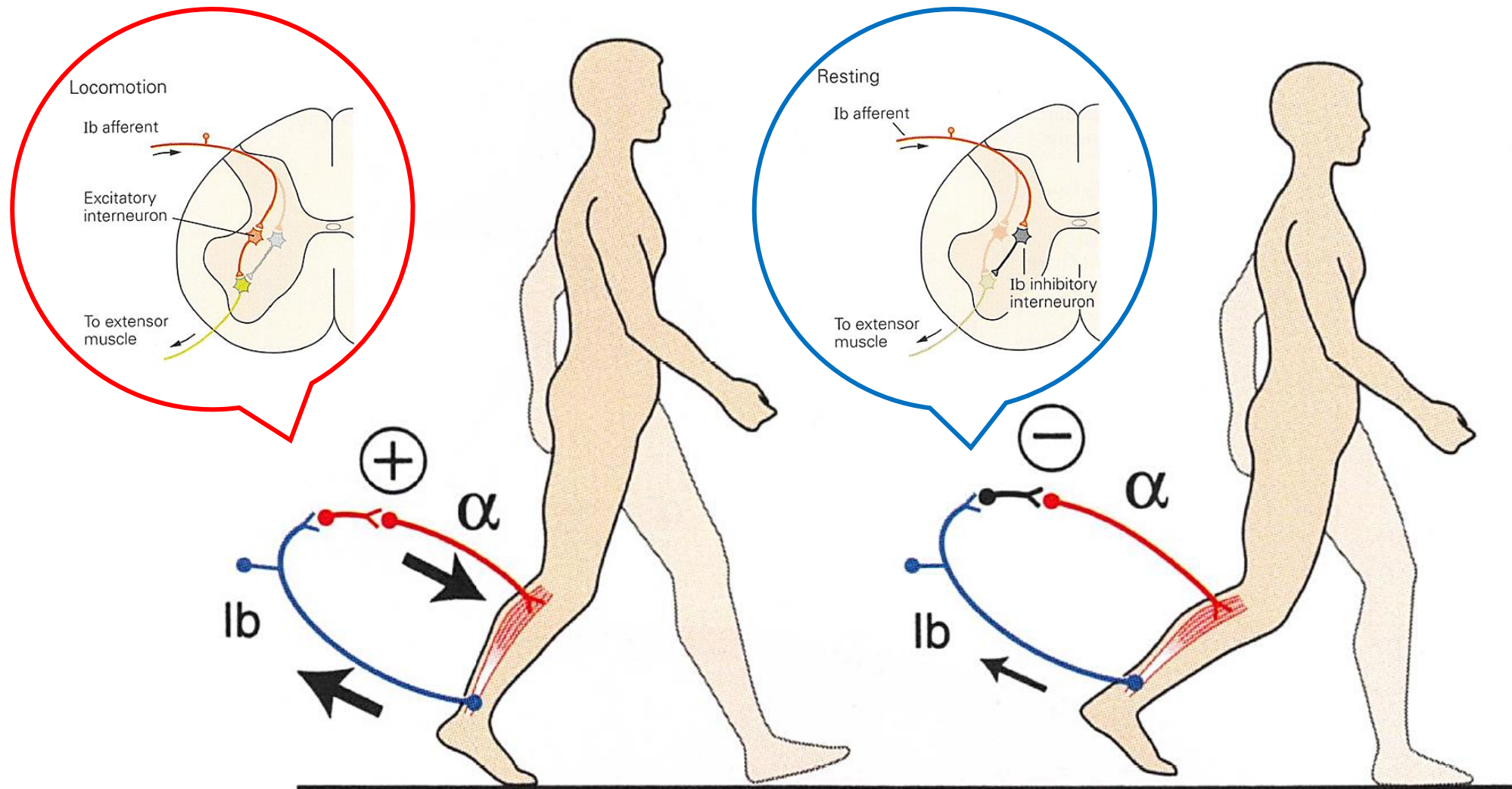
- ✓ 歩行初期におけるFirst Stepは、慣性での前方推進生成は困難であり、ある程度の**筋出力が必要**となる
- ✓ First Stepで要求される神経系駆動の背景となる筋骨格系の中身は、歩行に要求される構成要素と近似するため理解しておくことは重要



シチュエーションにおける I b 抑制と促通

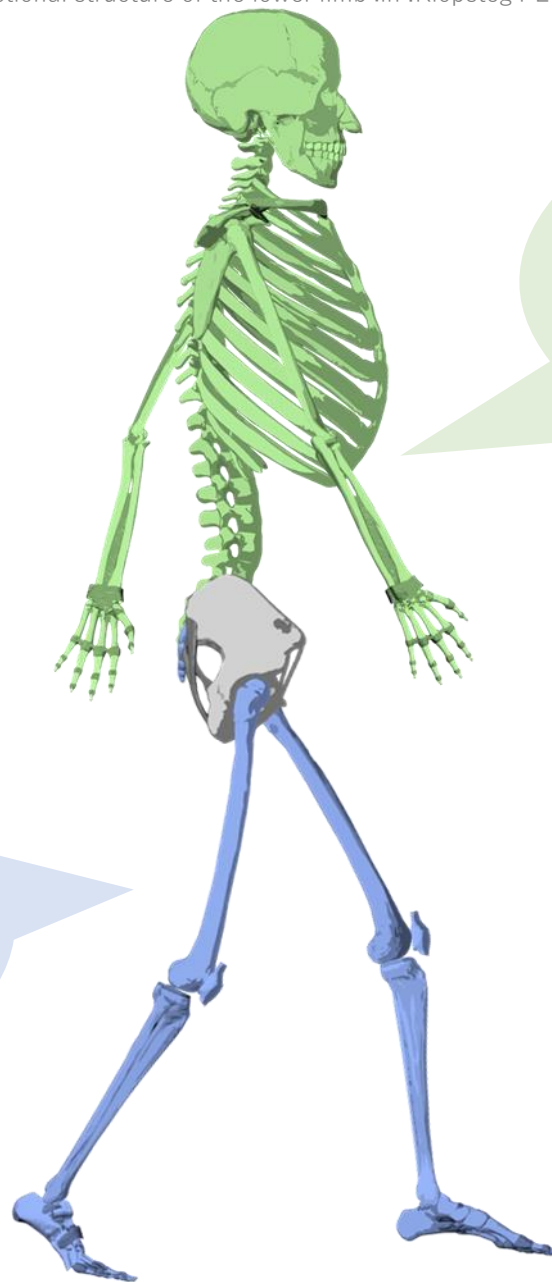
Eric Kandel et al : Principles of Neural Science, Fifth Edition, McGraw-Hill Professional, 2012

- ✓ 腱器官からのフィードバック情報の I b は、I b 介在ニューロンを介して抑制性に自己筋を抑制する(自原抑制)
- ✓ しかし、歩行における Tst のような **筋・腱の両方が伸張されるような場面(荷重場面)** においては、上位中枢との関係の中で自己筋に対して促通に作用し、Sw 時には抑制性に作用する



機能的役割でみた分類

Elfman H : The functional structure of the lower limb .in :Kiopsteg PE ,Wilson PD(eds.) :Human Limbs and Their Substitutes .McGraw-Hill ,1954



Passenger

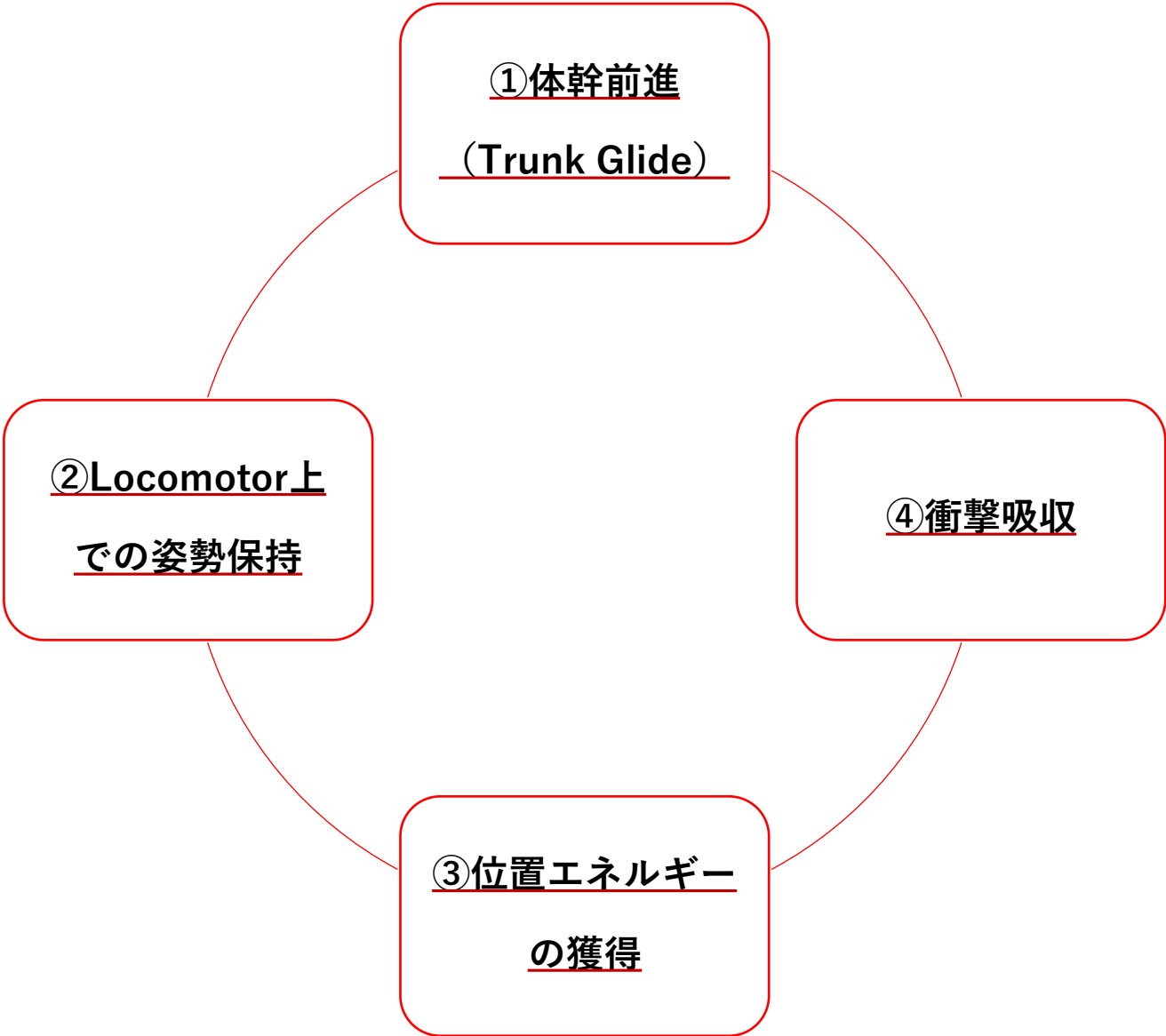
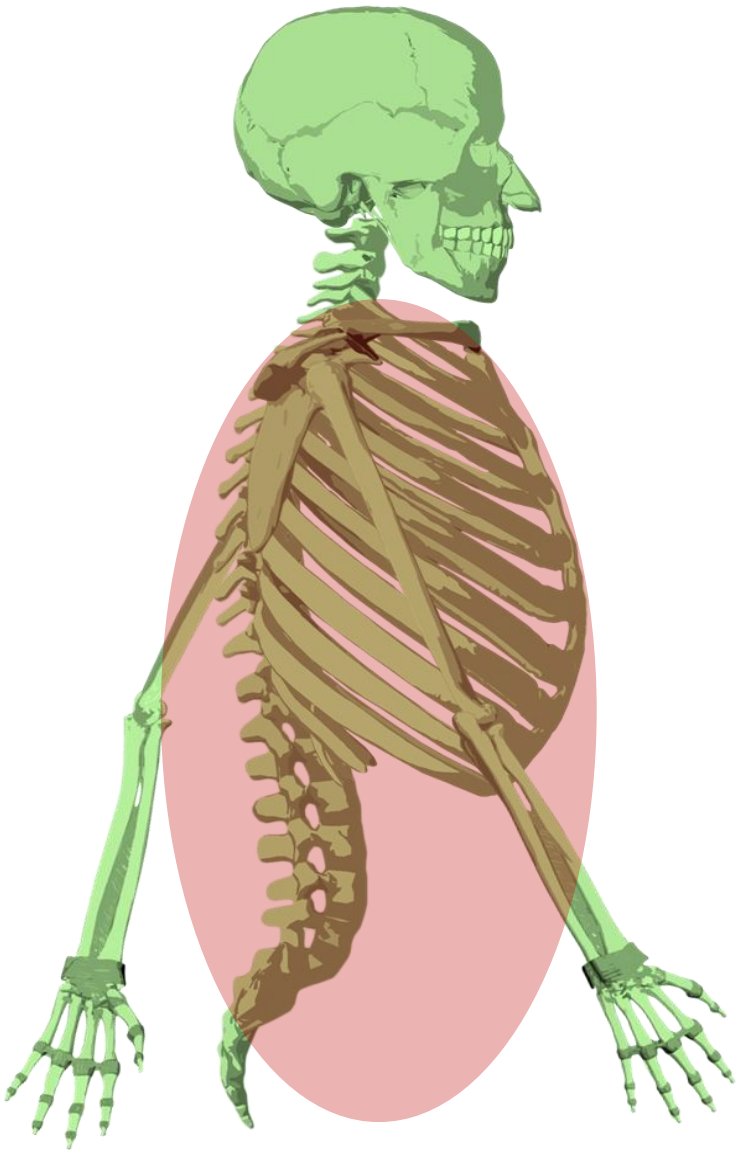
✓ 骨盤～上半身を含んだ部位

Locomotor

✓ 骨盤～下半身を含んだ部位

Passengerとして要求される体幹機能

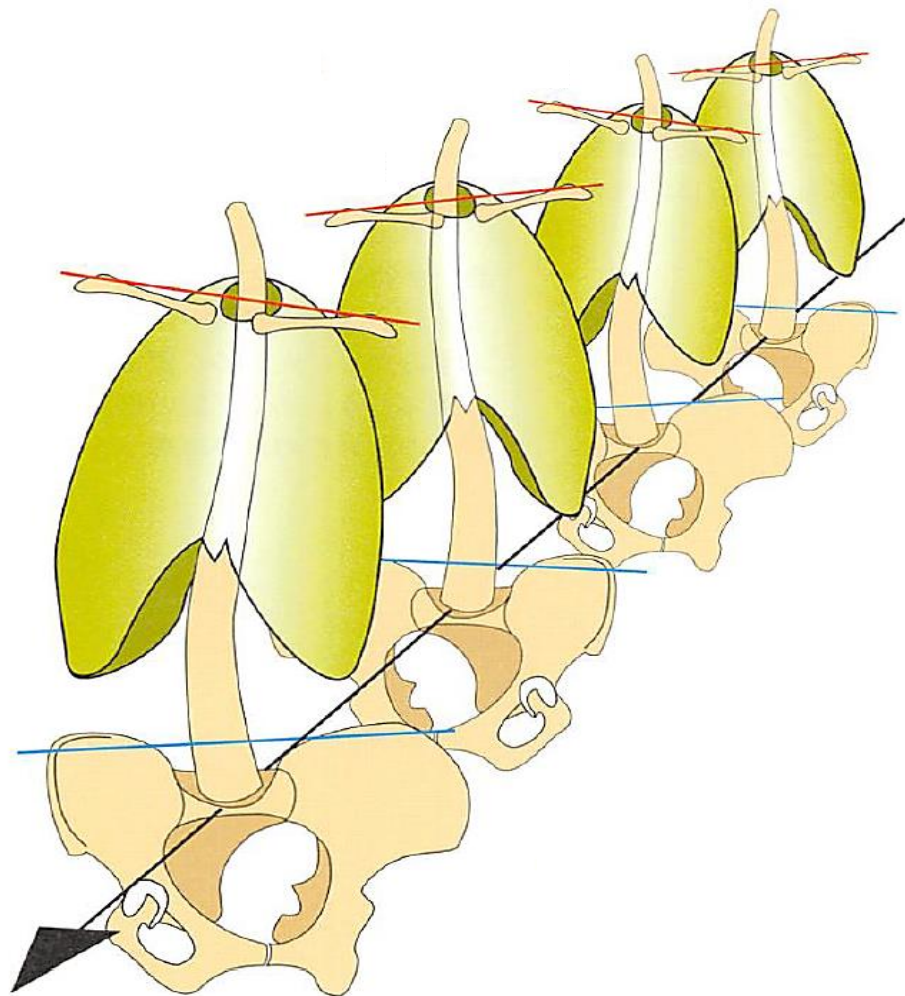
Elfman H : The functional structure of the lower limb .in :Kiopsteg PE ,Wilson PD(eds.) :Human Limbs and Their Substitutes .McGraw-Hill ,1954



体幹の役割

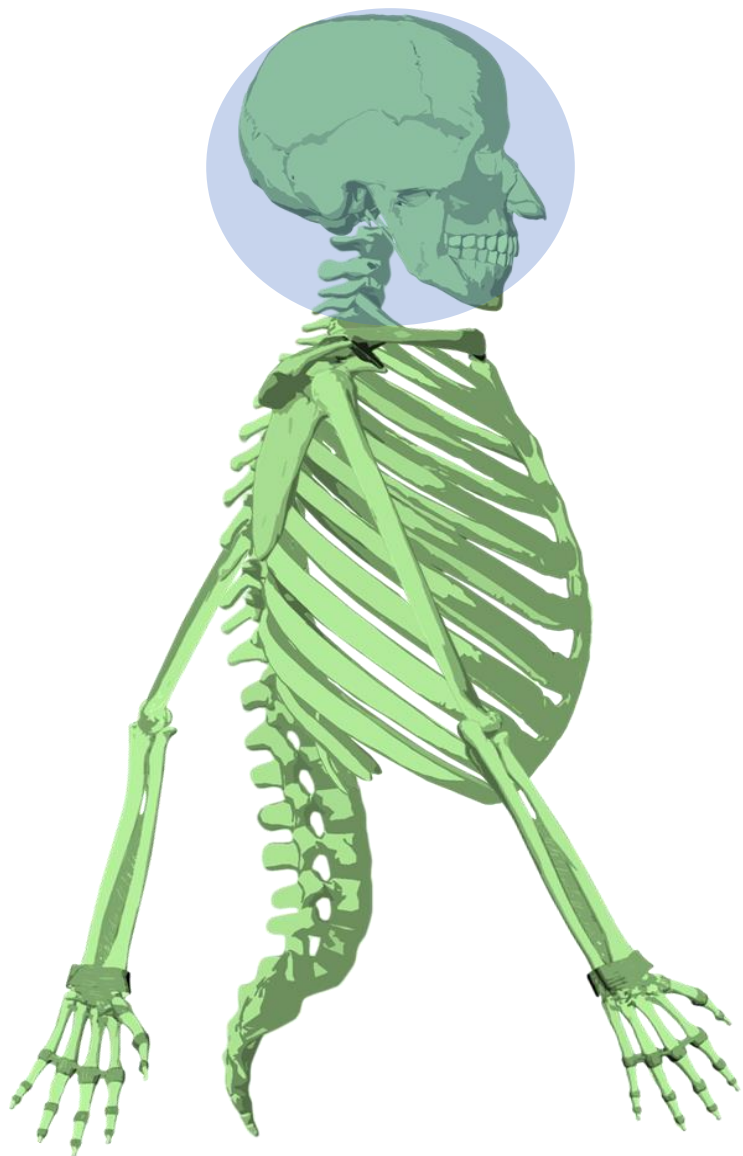
Adalbert-I Kapandji et al : Anatomie fonctionnelle 1 : Membres supérieurs. Physiologie de l'appareil locomoteur, Maloine, 2005

- ✓ 上部体幹と下部体幹の回旋は相反するように行われ、両腸骨稜と両鎖骨ラインで交差しながら周期している
- ✓ 骨盤と肩甲帯ラインの傾斜も相反関係にあり、それらはCOMコントロールとともに頭頸部における視野安定化にも寄与しているため、それを保証する機能的な筋骨格系のリンクが必要となる



Passengerとして要求される頭頸部機能

Elfman H : The functional structure of the lower limb .in :Kiopsteg PE ,Wilson PD(eds.) :Human Limbs and Their Substitutes .McGraw-Hill ,1954



① Locomotor上
での姿勢保持

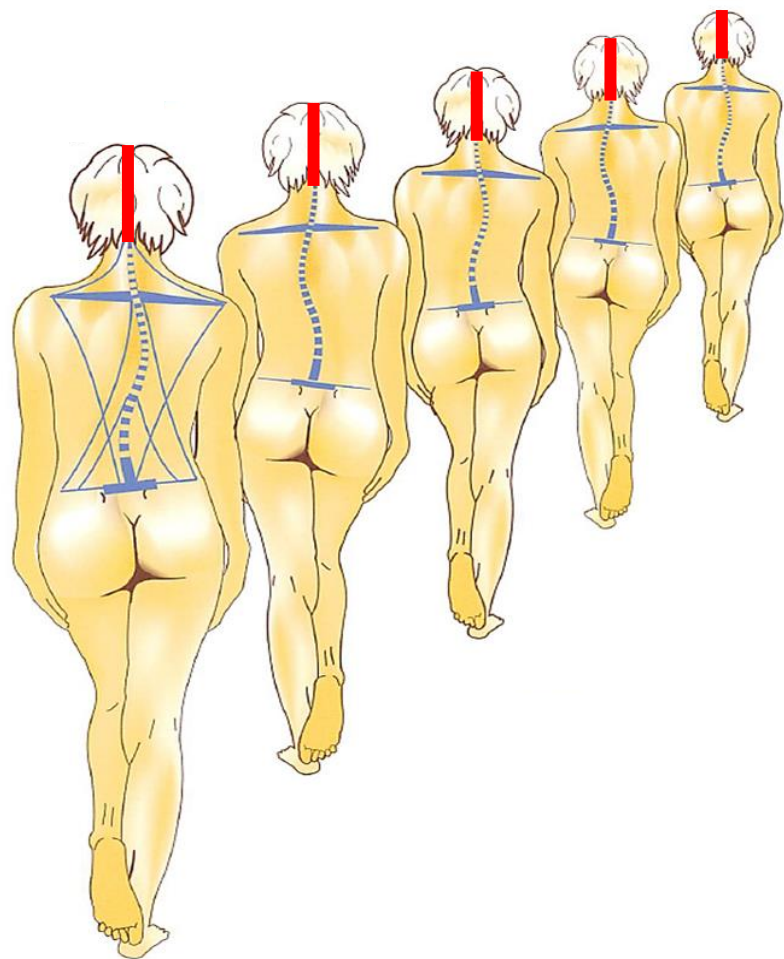
② 視覚の安定化

③ 頭頸部の安定

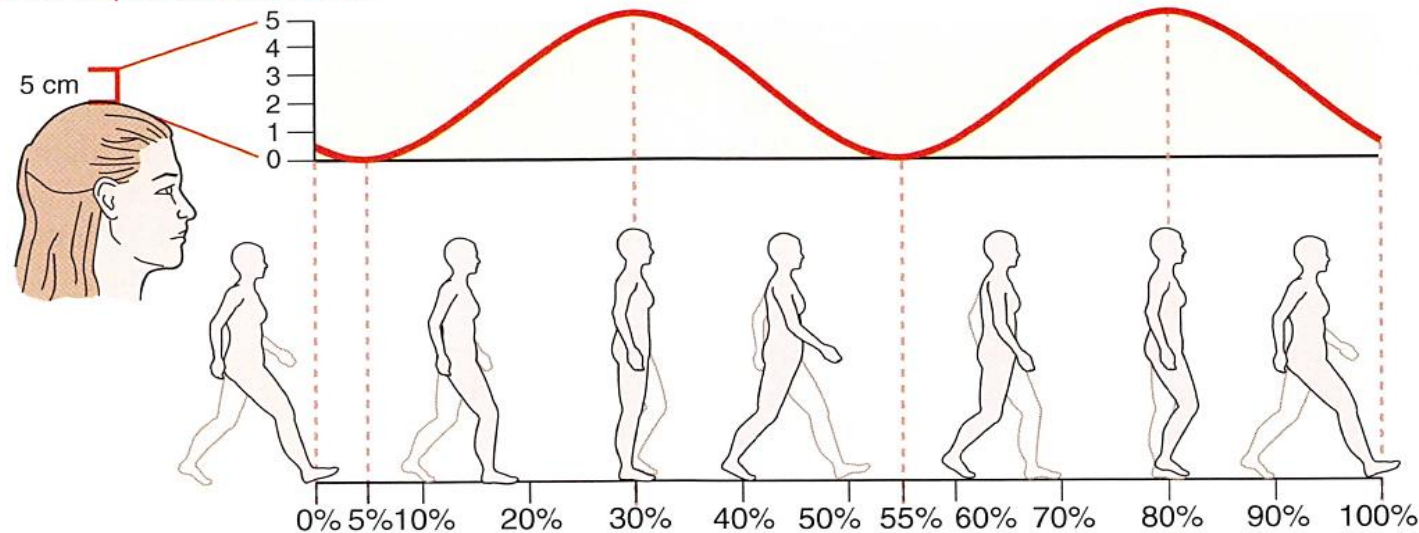
頭頸部の役割

Verne Thompson Inman et al : Human Walking. Edwin Mellen Pr. 1989

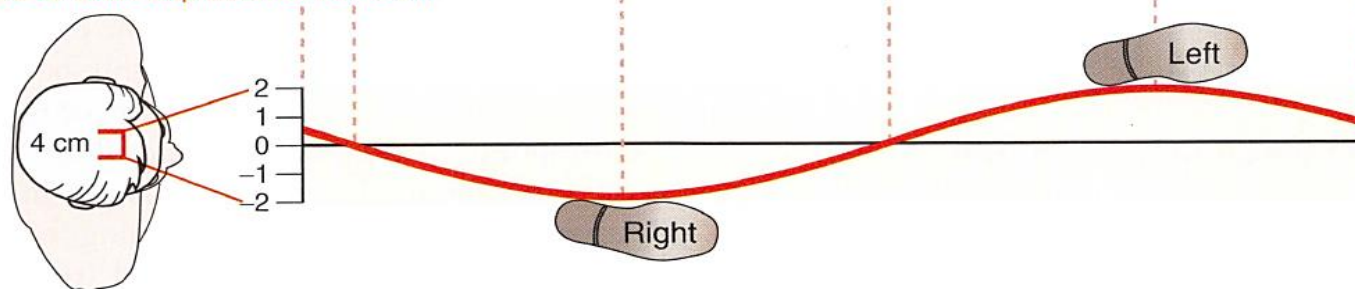
- ✓ 傾斜角度 & 回旋方向を相反しながら動作する骨盤と肩甲帯に対して、**頭頸部は安定した視覚情報を確保・保持するために一定位置に空間定位しておくことのできるスキル(Righting Reaction)が必要**となる
- ✓ 安定した視覚情報における取得欠如は、歩行スピード等のパフォーマンスに大きな影響を与える



Vertical displacement of CoM

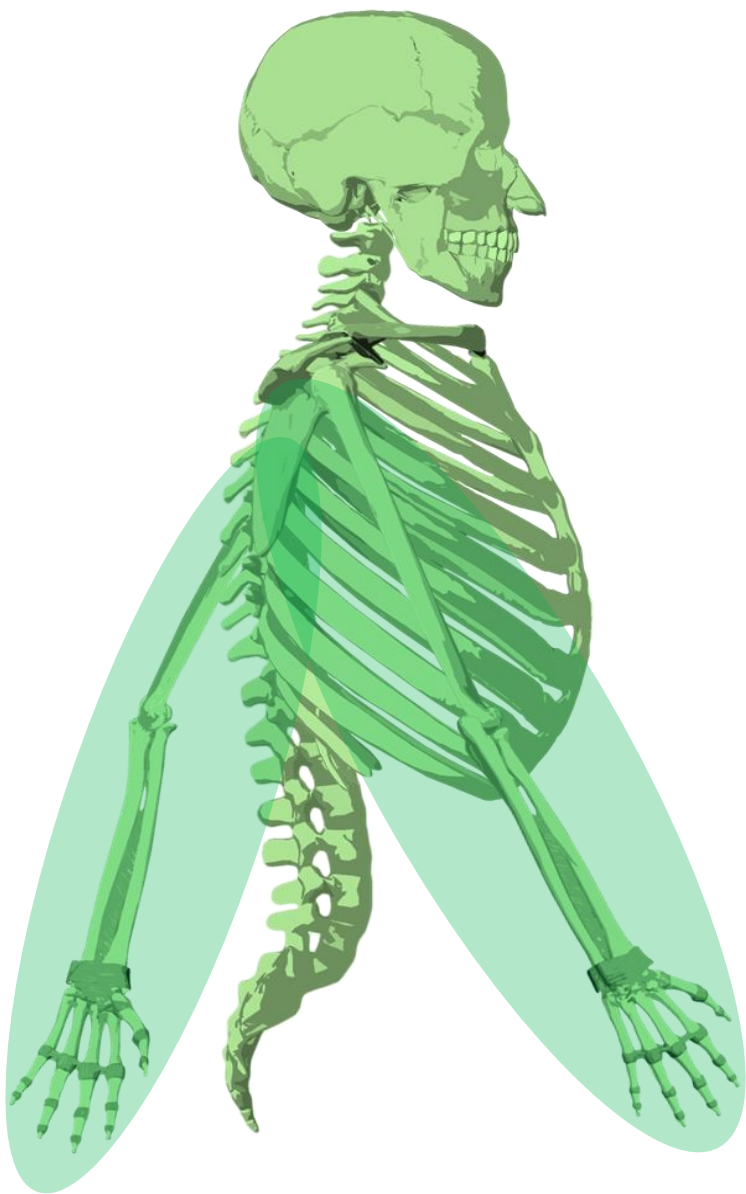


Side-to-side displacement of CoM



*Passenger*として要求される上肢機能

Elfman H : The functional structure of the lower limb .in :Kiopsteg PE ,Wilson PD(eds.) :Human Limbs and Their Substitutes .McGraw-Hill ,1954



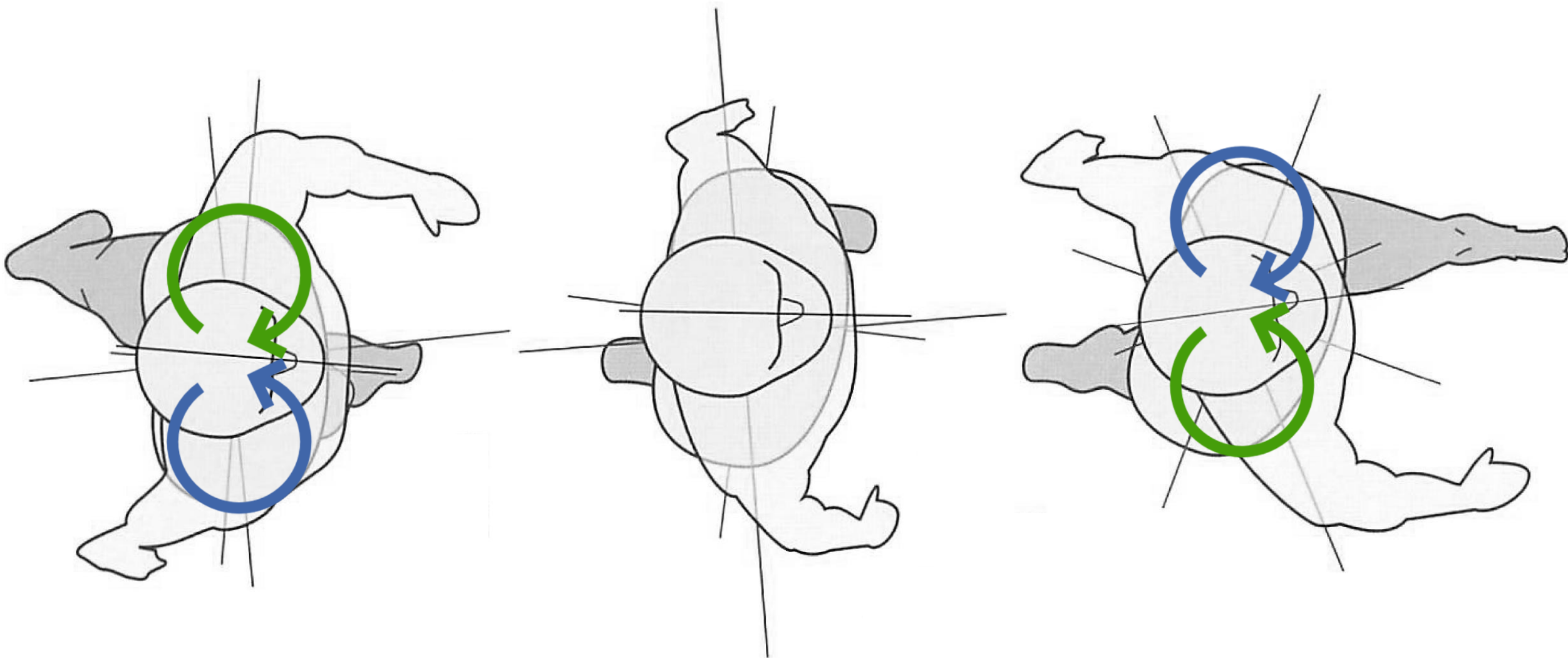
① 体幹回旋の調節

② 前方推進力の生成

上肢の役割

Adalbert-I Kapandji et al : Anatomie fonctionnelle 1 : Membres supérieurs. Physiologie de l'appareil locomoteur, Maloine, 2005

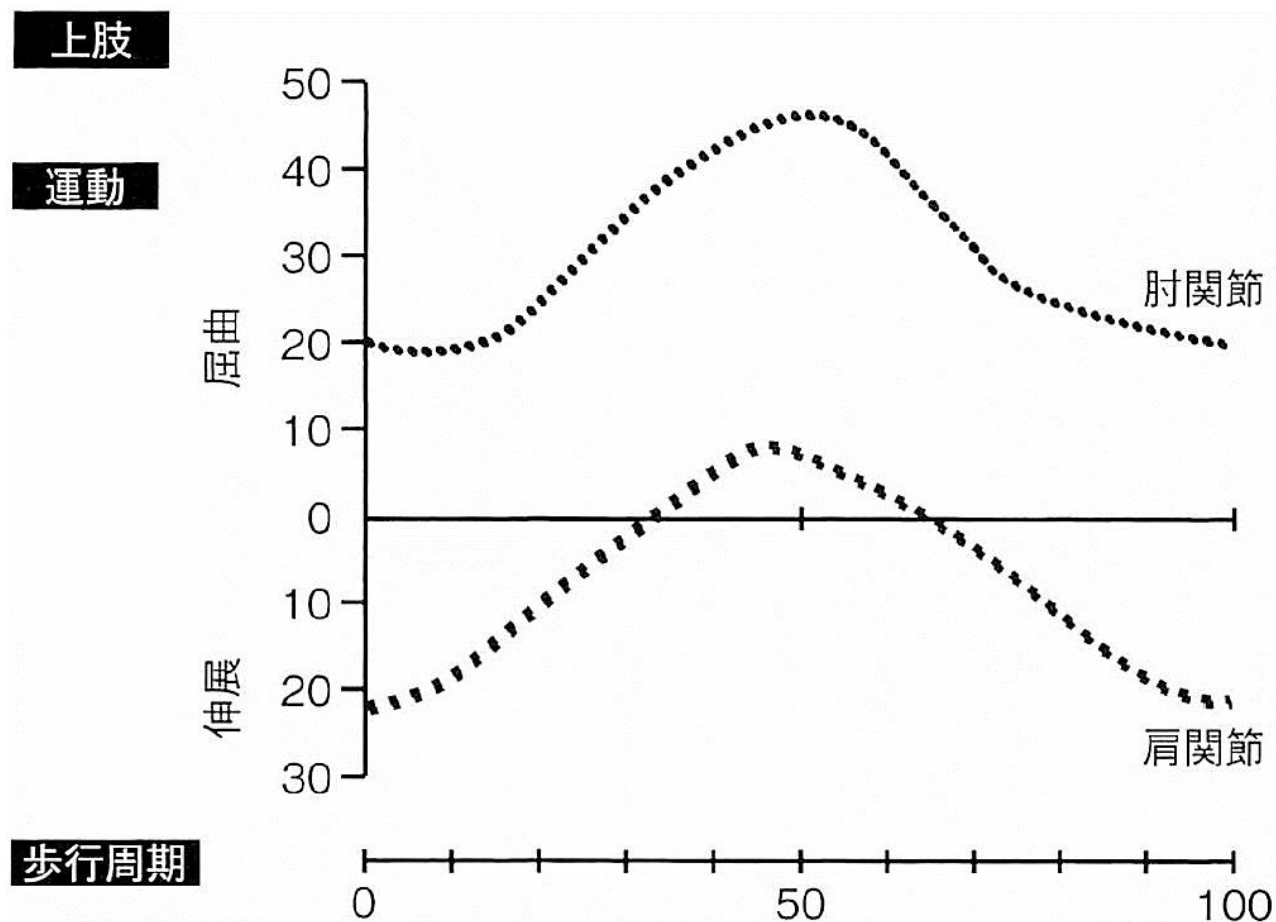
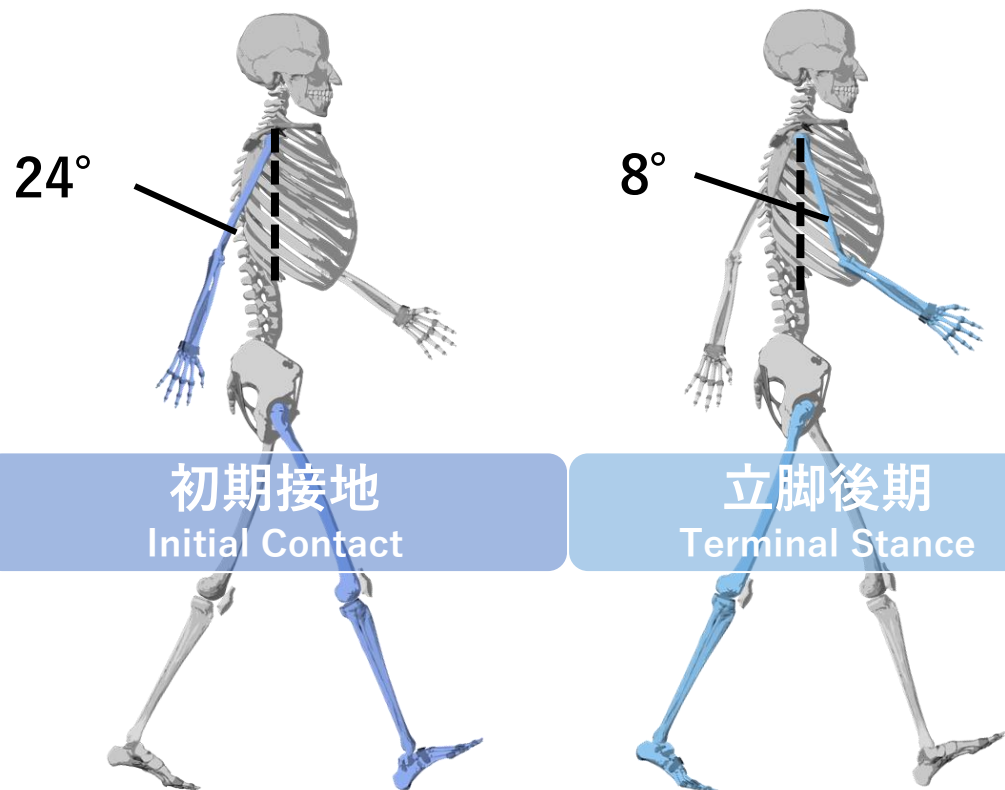
- ✓ 歩行中、上肢は同側体幹の回旋方向に従属するようにスウィングが行われ、前方への推進力を補助している
- ✓ また、Locomotorの回旋力を相殺して効率的に直線軌道上での推進を可能にし、バランス要素も担っている



上肢における歩行周期

Jacquelin Perry et al : Gait Analysis: Normal and Pathological Function. Slack Incorporated. 1992

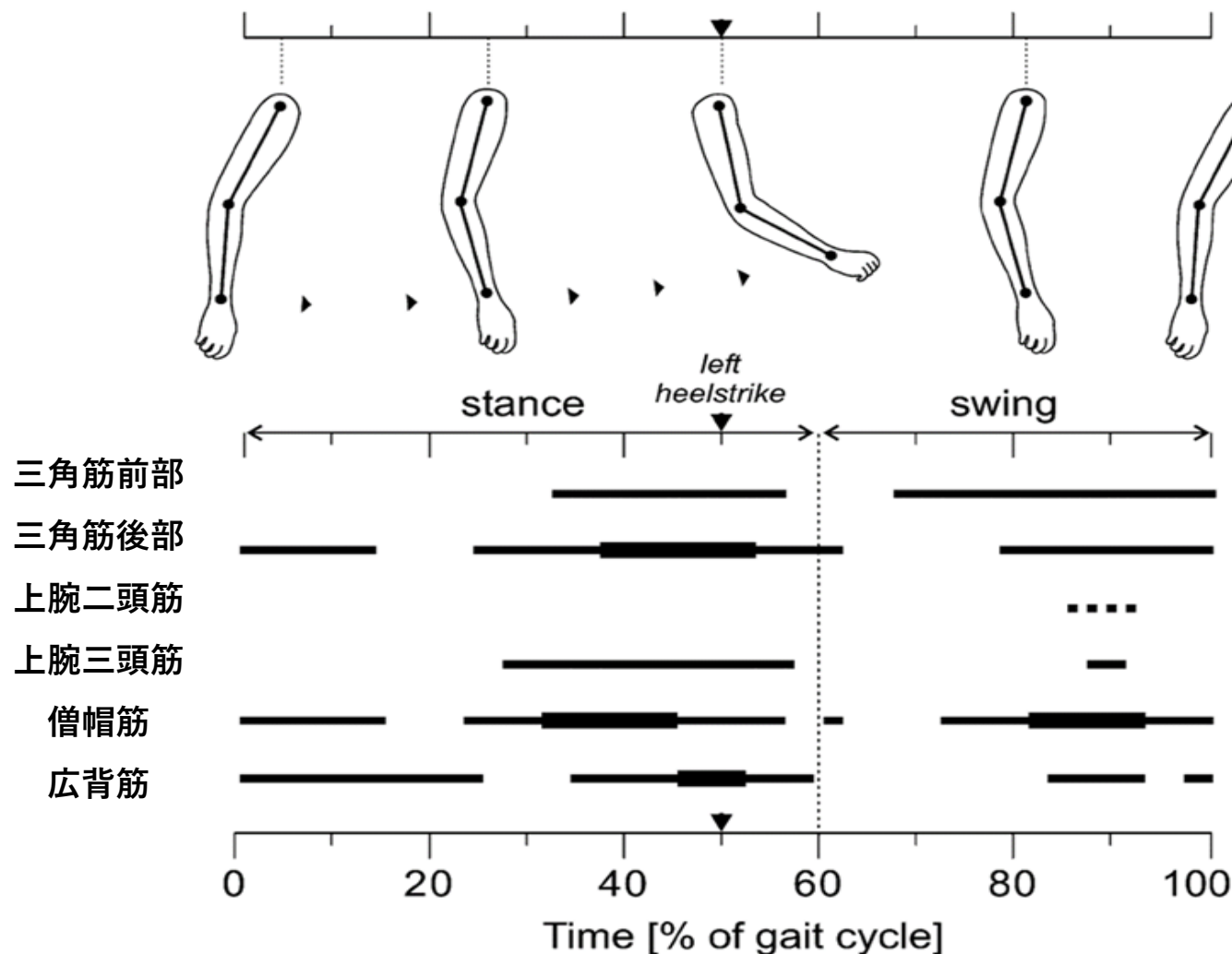
- ✓ 個人差はあるが、肩関節は中等度の歩行速度(92m/min)で平均32° の範囲で運動しており、
IC時に肩関節は最大伸展位、Tst時に最大屈曲位を示し、歩行スピードとともに運動範囲は拡がる
- ✓ 肘関節は歩行周期を通して屈曲傾向にあるが、Tst時に最大角度を示す



歩行周期における上肢筋活動

Kuhtz-Buschbeck JP et al : Activity of upper limb muscles during human walking. J Electromyogr Kinesiol. 2012 Apr;22(2):199-206

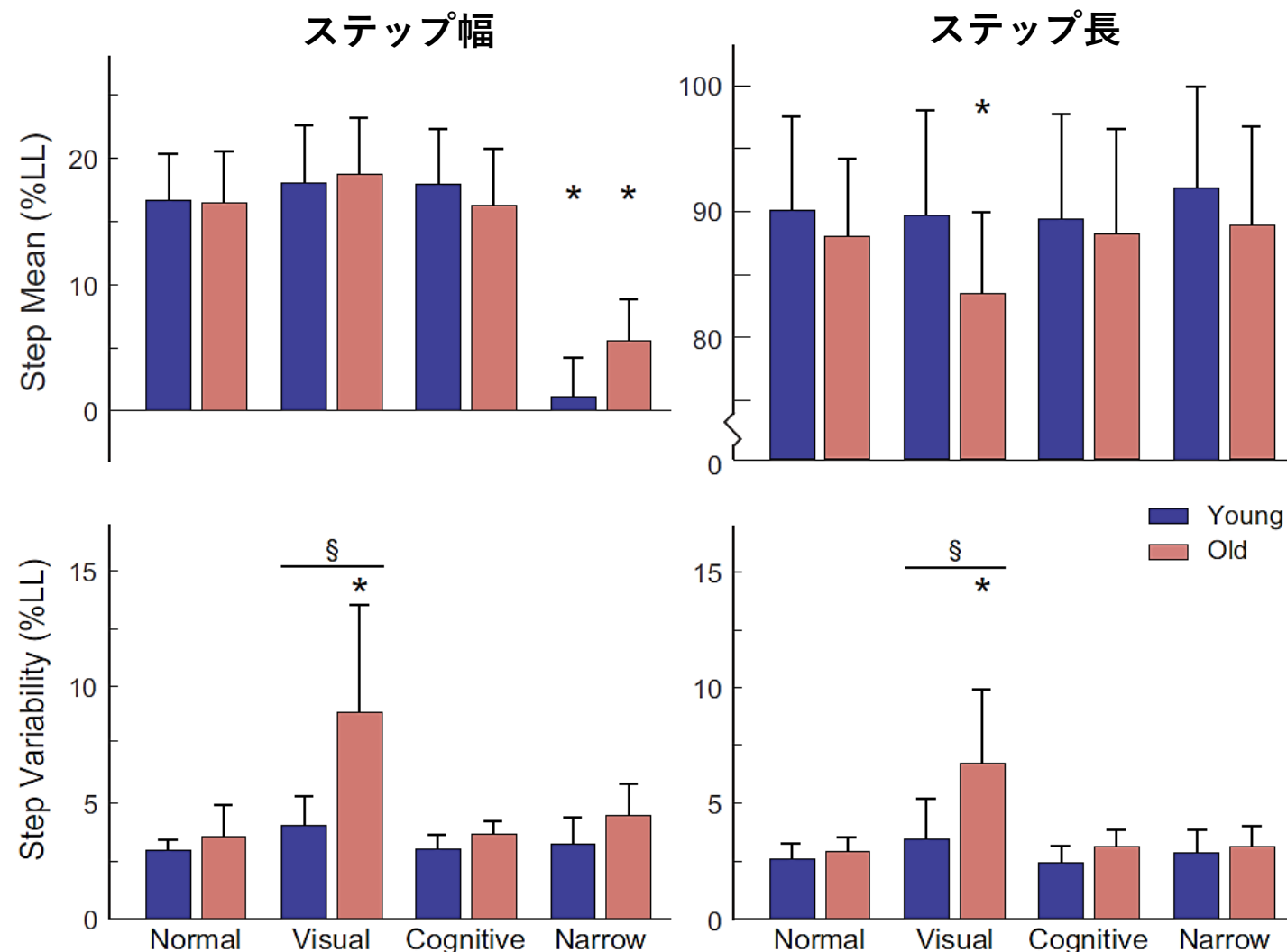
- ✓ どの歩行周期でどこの上肢筋活動が要求されるのか？を知ることは、上肢視点からセラピーしていく上では重要
- ✓ 局所的解釈ではなく、歩行周期の中で上肢筋とLocomotorがどのようにリンクしているのか？という多角的視点での理解が必要である



視覚システムの重要性

Francis CA et al : Gait variability in healthy old adults is more affected by a visual perturbation than by a cognitive or narrow step placement demand. Gait Posture. 2015 Sep;42(3):380-5

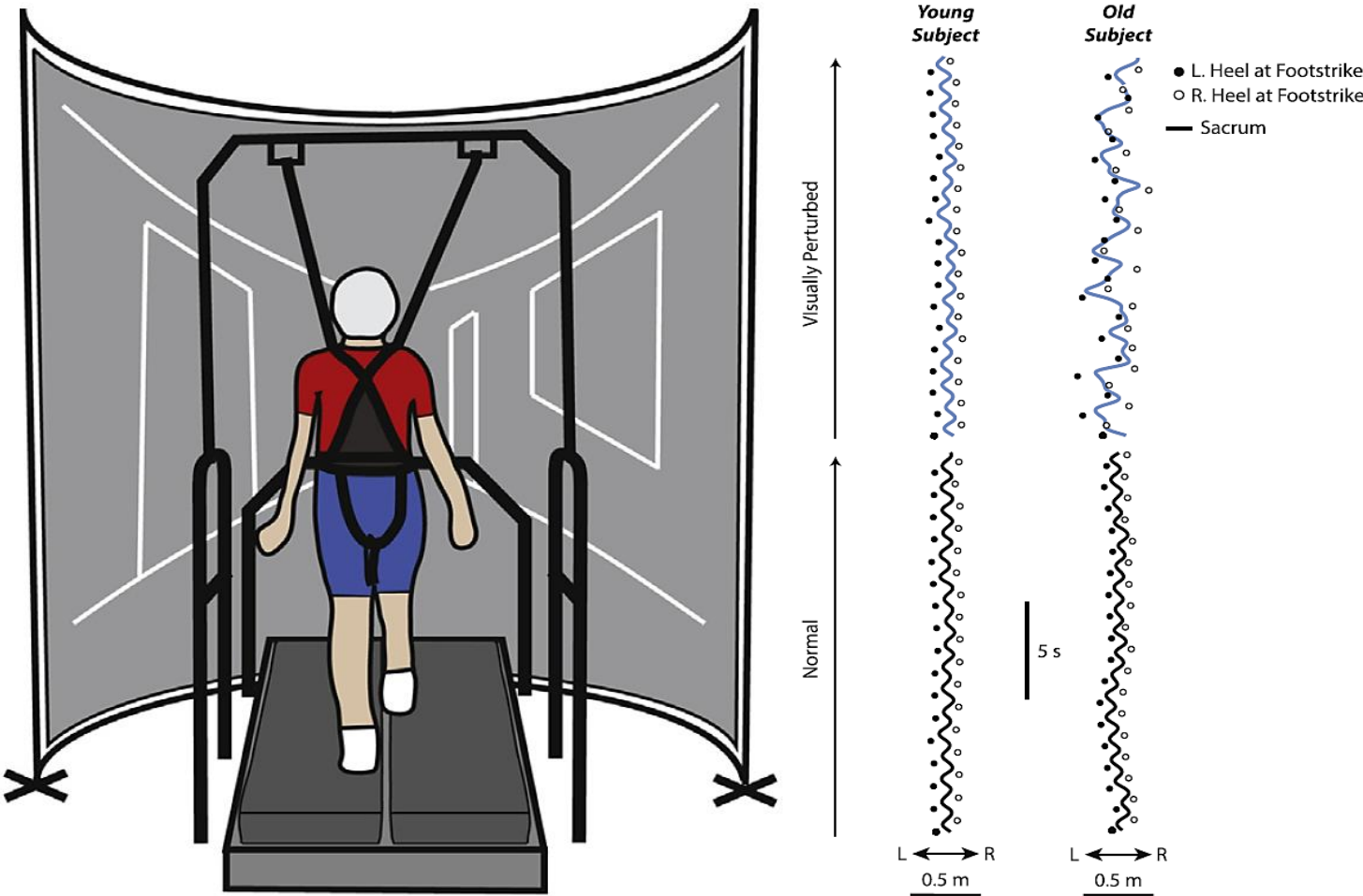
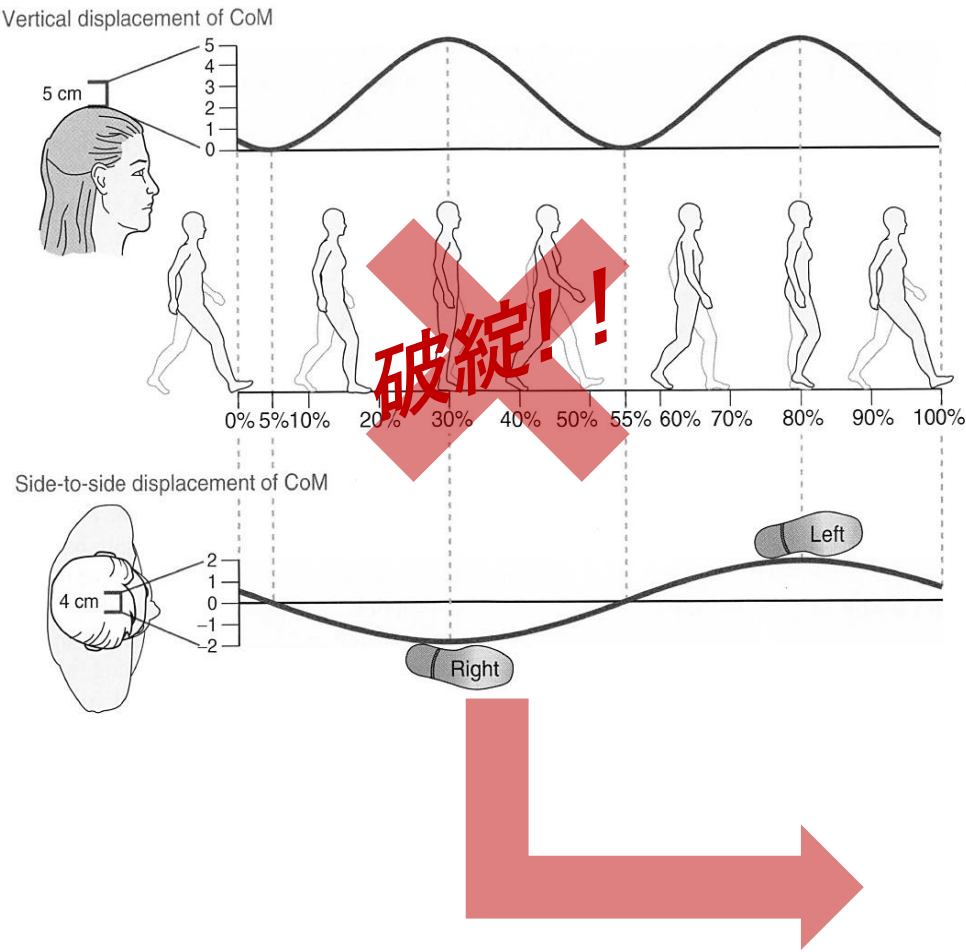
- ✓ 若年者と高齢者で比較した研究では、視覚外乱は歩容に大きな影響を及ぼすことを報告している
- ✓ 要因としては視覚への依存や認知処理能による影響が示唆されており、脳卒中患者においては双方の要素による影響が推測されるため、視覚外乱と依存のどちらの影響が大きいのか？を個体間で評価することが求められる



COMコントロールと視覚の関係性

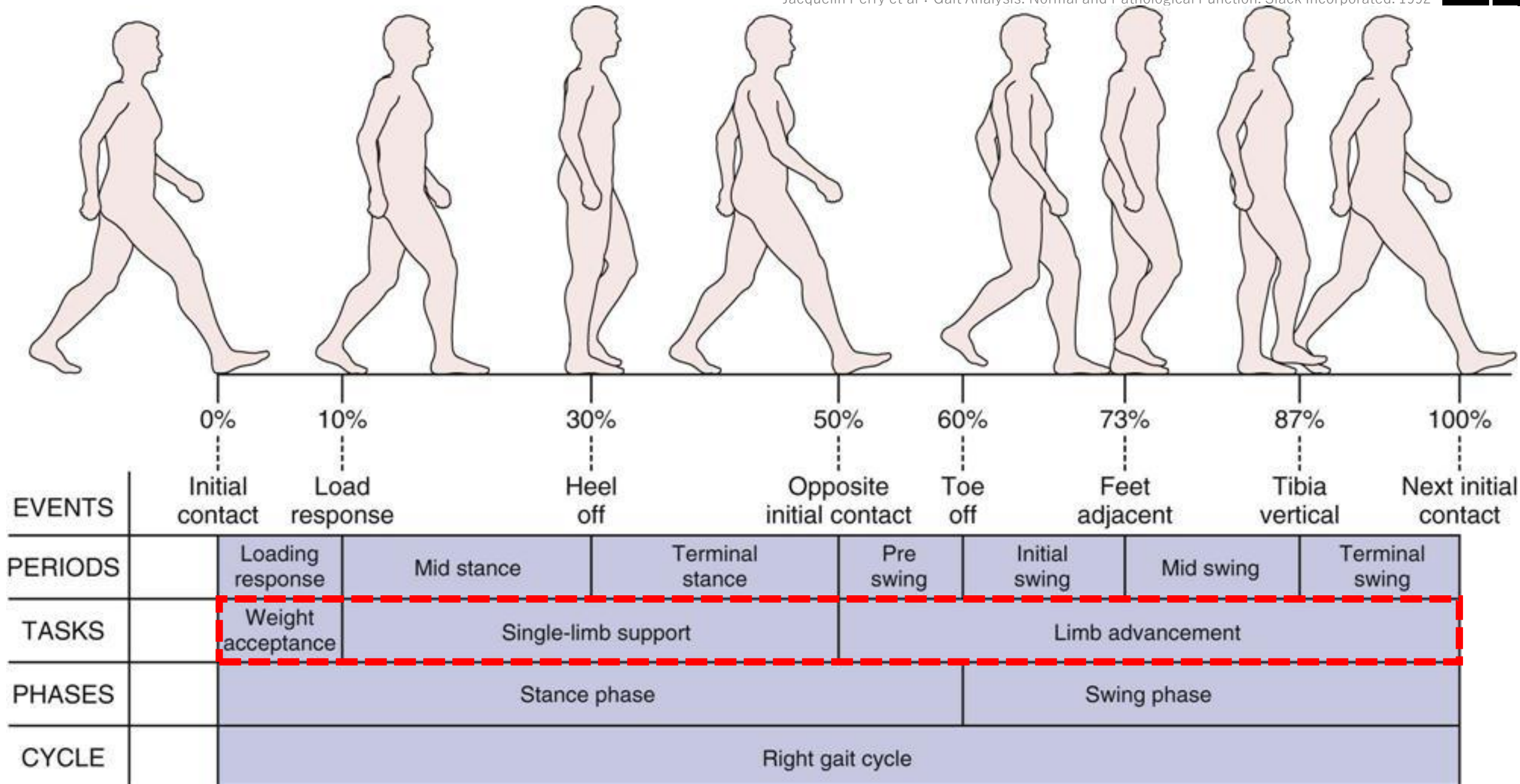
Franz JR et al : Advanced age brings a greater reliance on visual feedback to maintain balance during walking Hum Mov Sci. 2015 Apr;40:381-92

- ✓ COMコントロールの乱れは頭頸部における空間定位を同時に乱すことに繋がり，その結果生じる視覚動揺はより一層歩行の安定性を損なわせる可能性をもつ
- ✓ 足元等を視覚依存で確認するような患者に対して，単純に「前向いて！」と指示することは再考すべき事案である



歩行を課題でとらえる

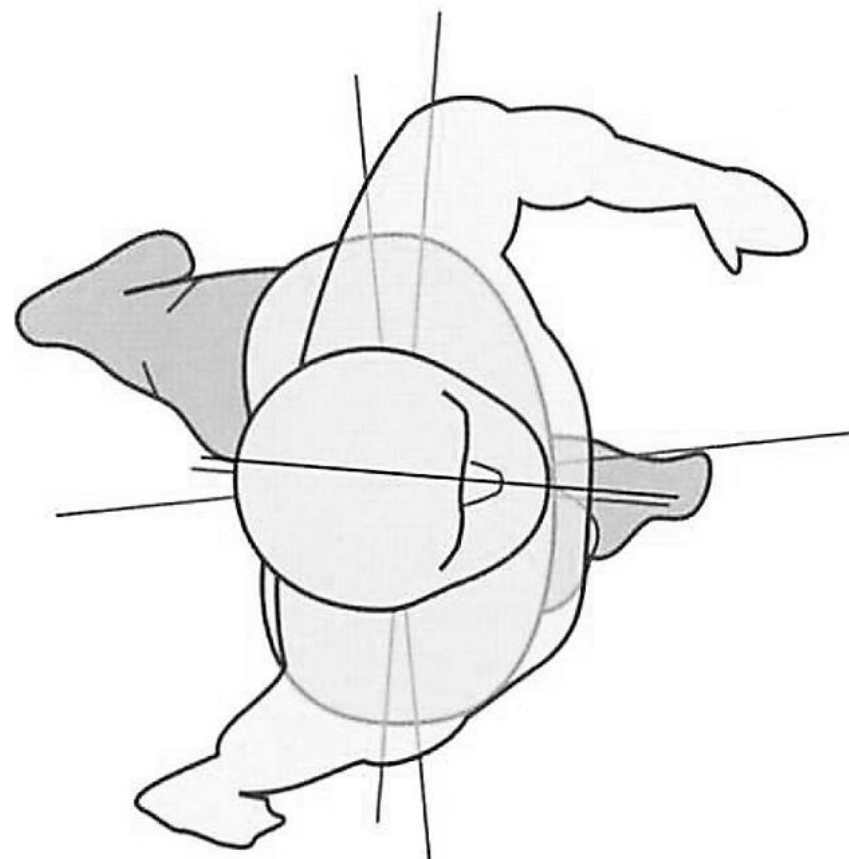
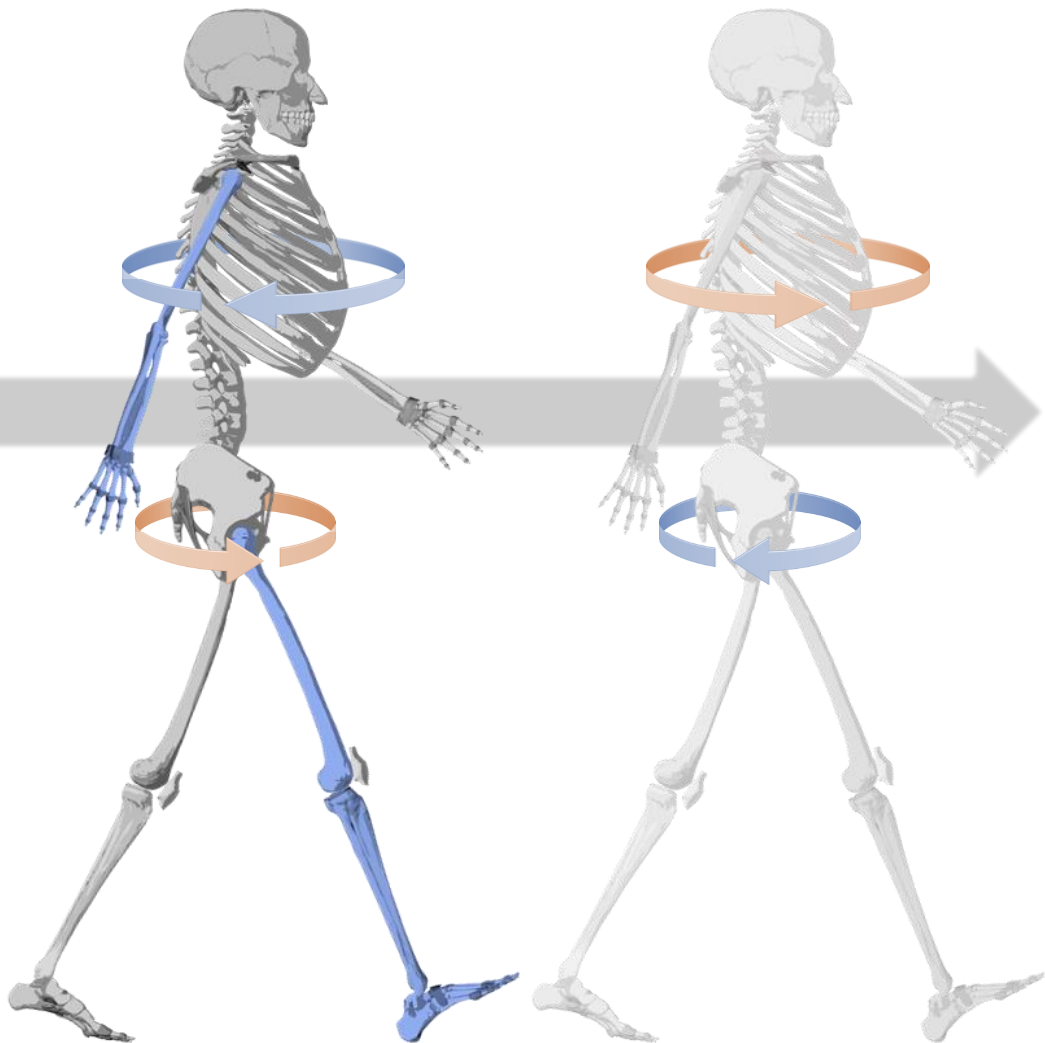
Jacquelin Perry et al : Gait Analysis: Normal and Pathological Function, Slack Incorporated. 1992



①荷重応答：Weight Acceptance

Kirsten Götz-Neumann : Gehen verstehen: Ganganalyse in der Physiotherapie. Thieme:Auflage. 2006

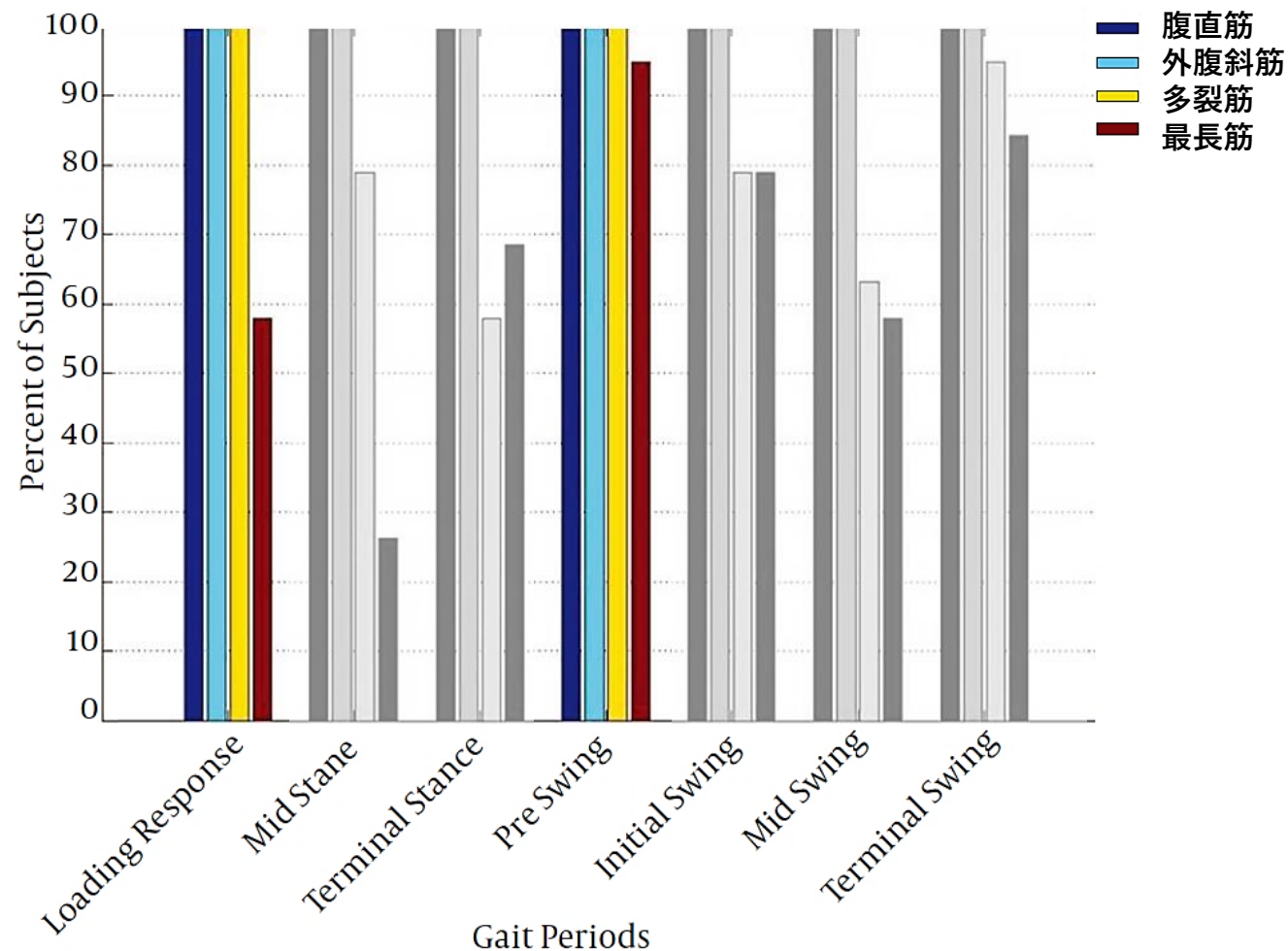
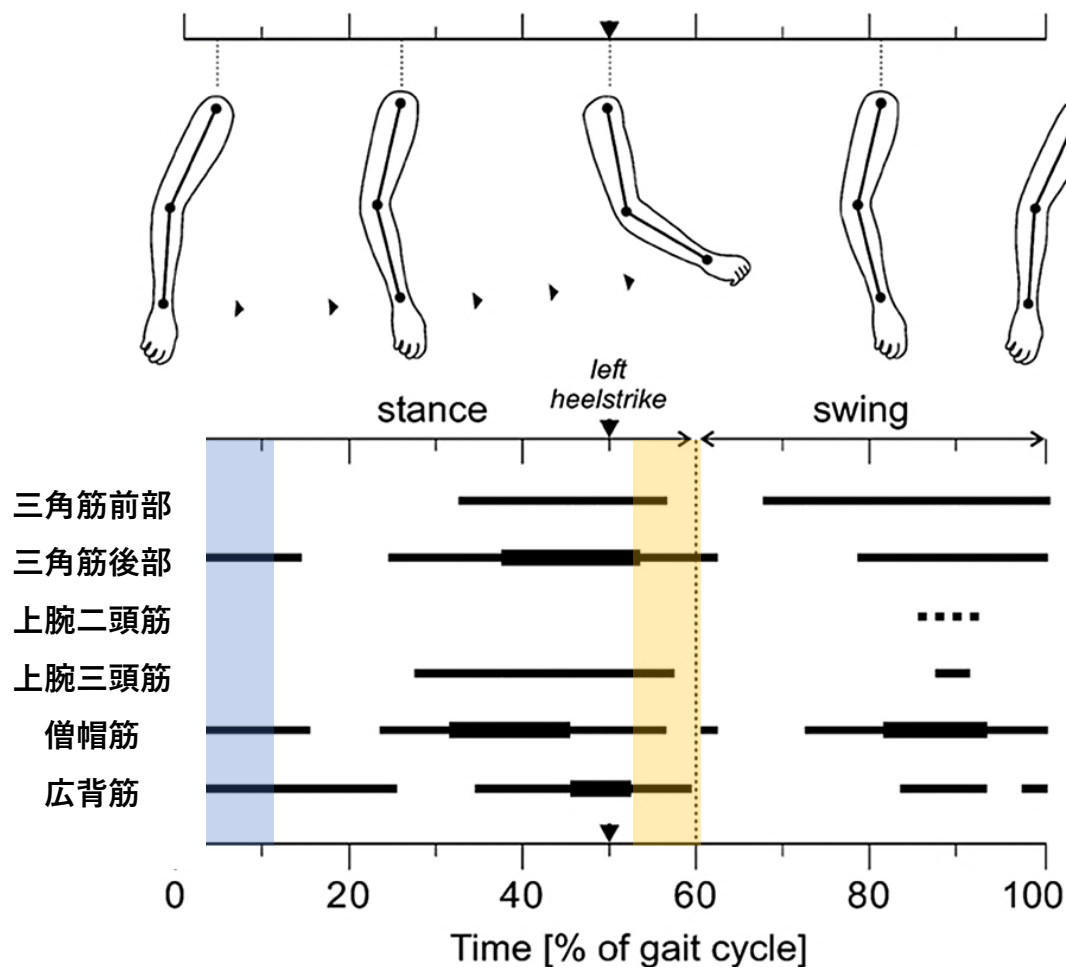
- ✓ LocomotorにおいてはIC～LR(12%)にあたり，骨盤は前方回旋位を示している段階
- ✓ 前方回旋へのピークを迎え後方回旋へと移行していくLocomotorと，同側のPassengerは後方回旋・伸展から前方回旋・屈曲が要求され始める



他部位との関係性をとらえる

Chang M et al : Muscle activation patterns of the lumbo-pelvic-hip complex during walking gait before and after exercise, Gait Posture. 2016 Nov 9;52:15-21

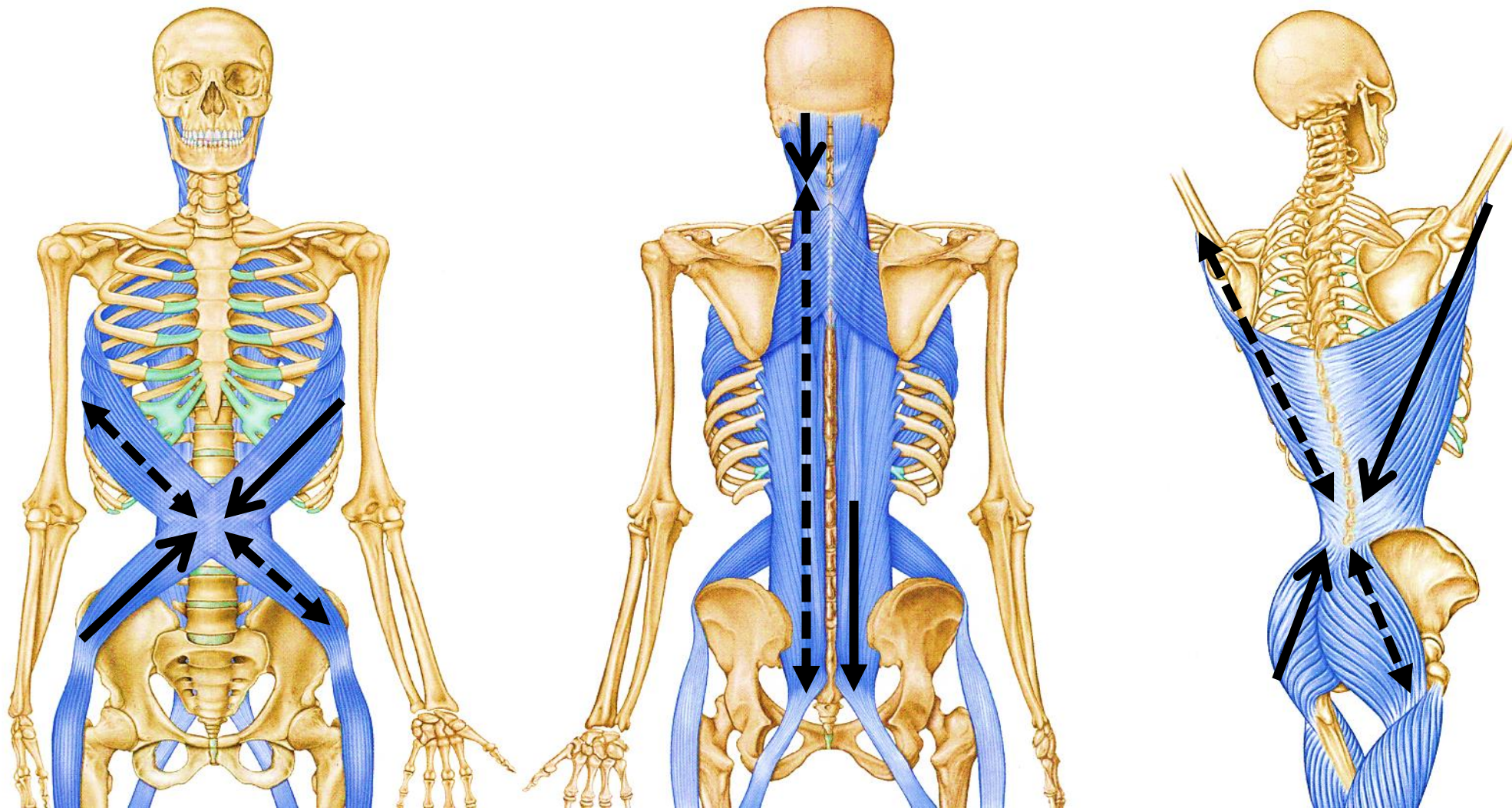
✓ 上肢・体幹は肩関節伸展/同側体幹を後方回旋に移行させる筋群が作用するが，トルク制御する他筋群作用も重要



協調的筋活動のエビデンス

Wilke HJ et al : Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical in vitro study. Spine (Phila Pa 1976). 1995 Jan 15;20(2):192-8

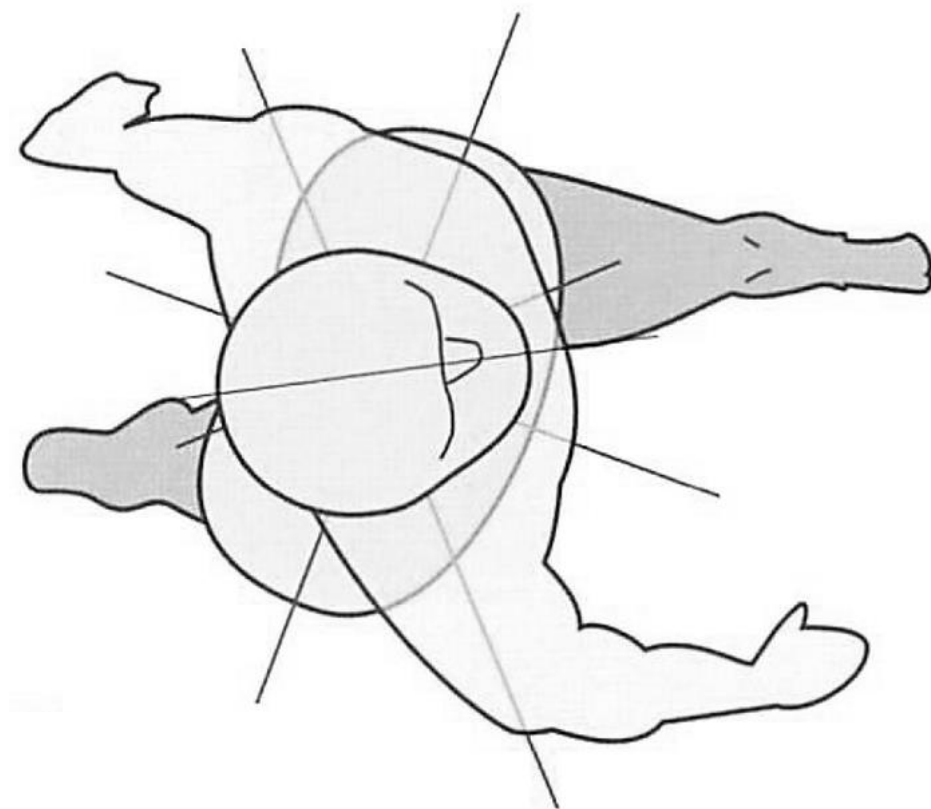
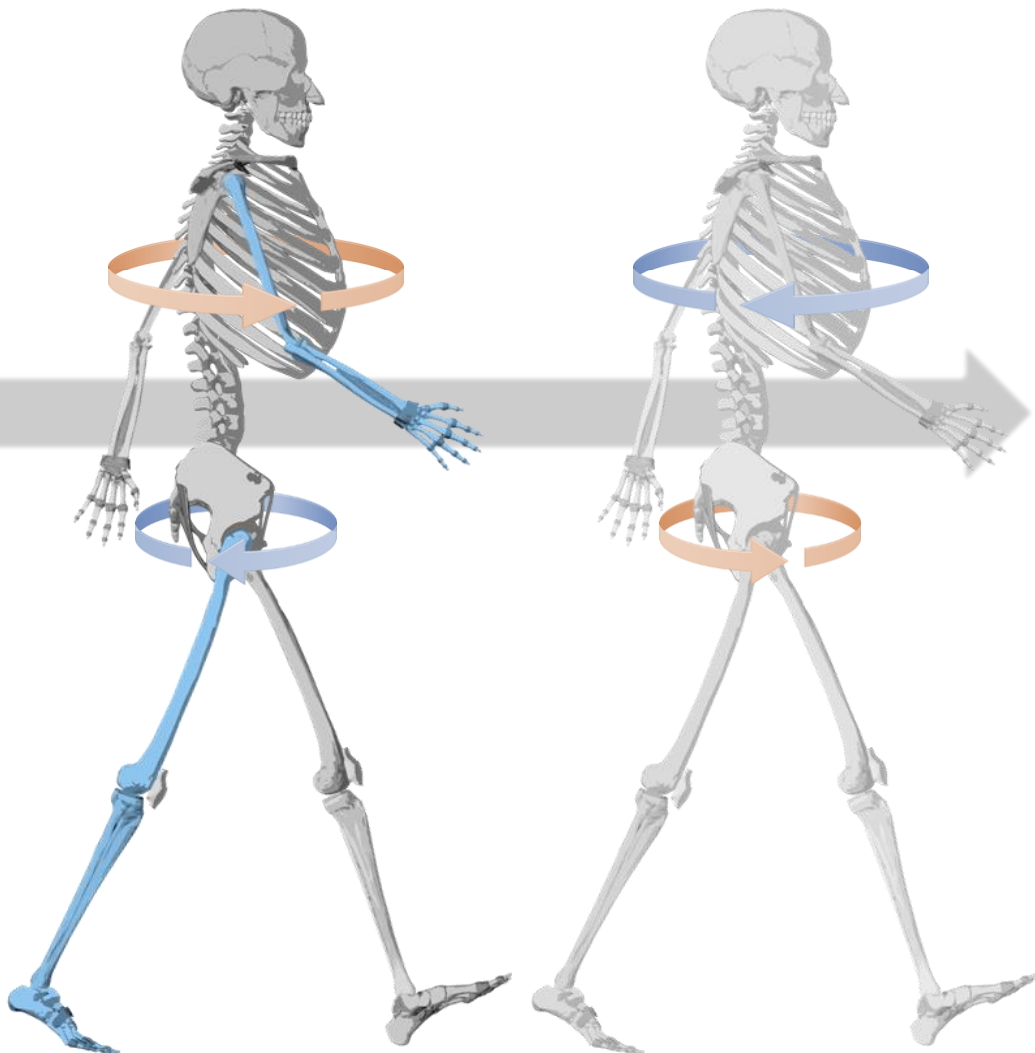
- ✓ 二次的体軸回旋筋(広背筋・腸腰筋・横突棘筋etc.)は効果的な体幹伸展筋でもあり、**体軸回旋中において腹斜筋群の屈曲トルクを相殺して体幹安定性を提供しながら回旋運動を補助**している
- ✓ 多裂筋は、**体軸回旋に重要な軸となる腰部伸展の安定性を提供**し、効果的な回旋を可能にしている



②単脚支持：Single Limb Support

Kirsten Götz-Neumann : Gehen verstehen! Ganganalyse in der Physiotherapie. Thieme:Auflage. 2006

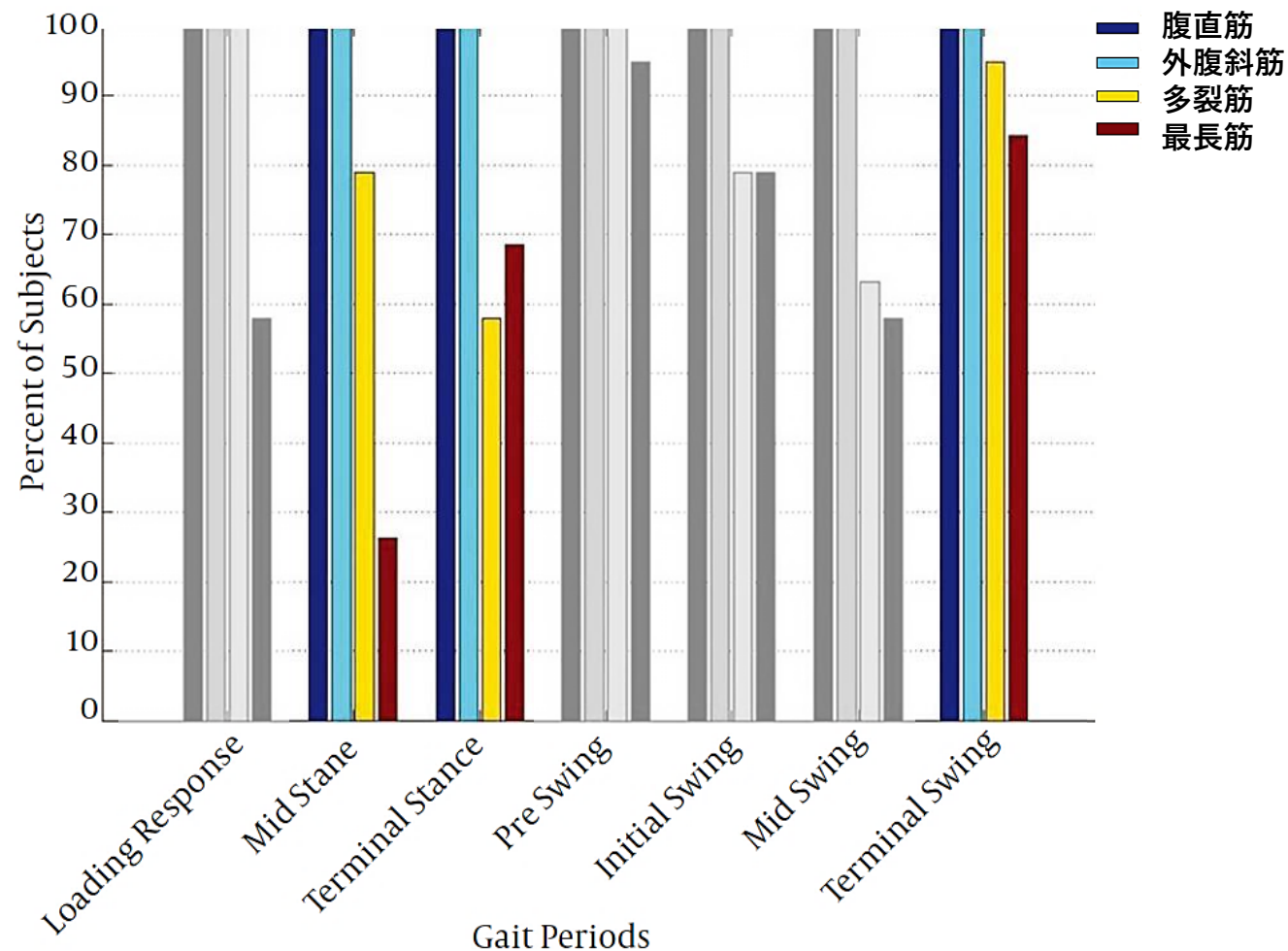
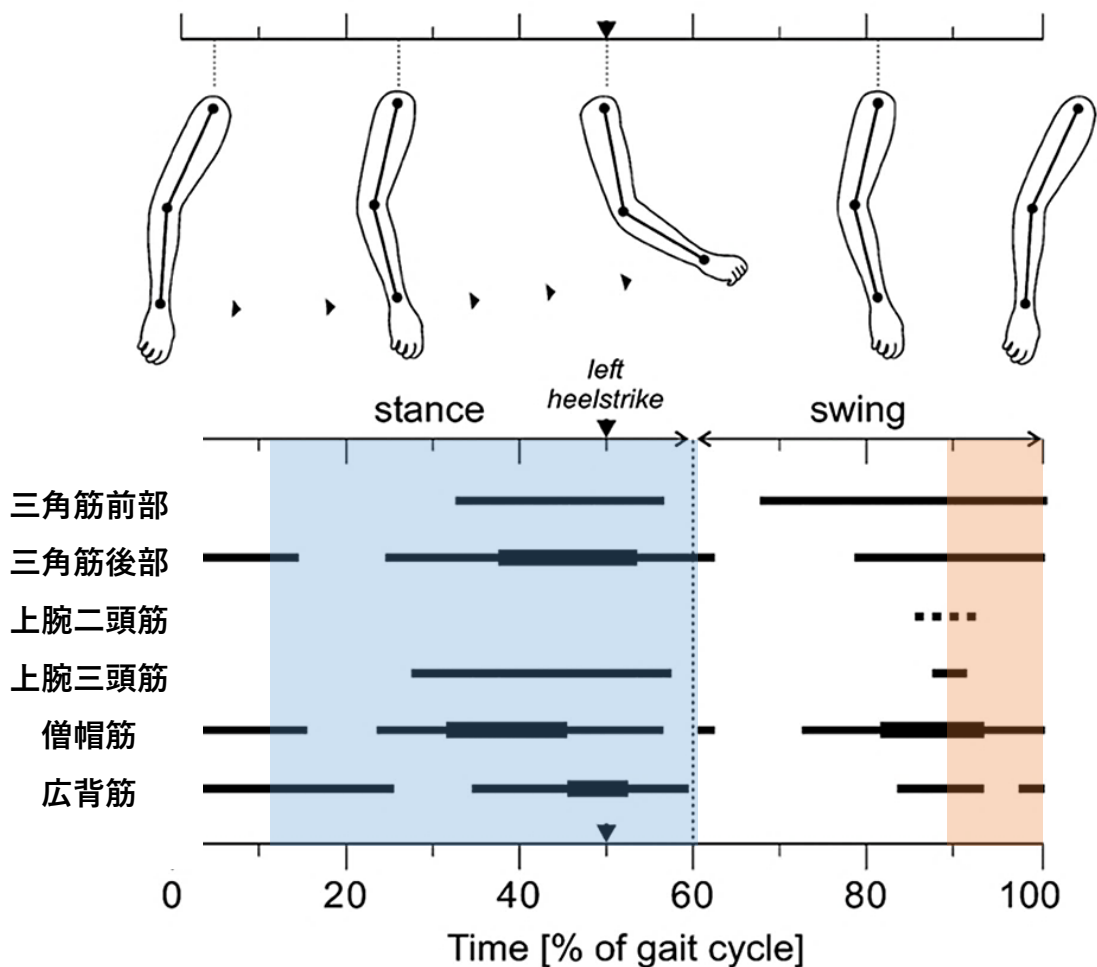
- ✓ LocomotorにおいてはMst～Tst(38%)にあたり，骨盤は後方回旋位を示している段階
- ✓ 後方回旋へのピークを迎え前方回旋へと移行していくLocomotorと，同側のPassengerは前方回旋・屈曲から後方回旋・伸展が要求され始める



他部位との関係性をとらえる

Chang M et al : Muscle activation patterns of the lumbo-pelvic-hip complex during walking gait before and after exercise, Gait Posture. 2016 Nov 9;52:15-21

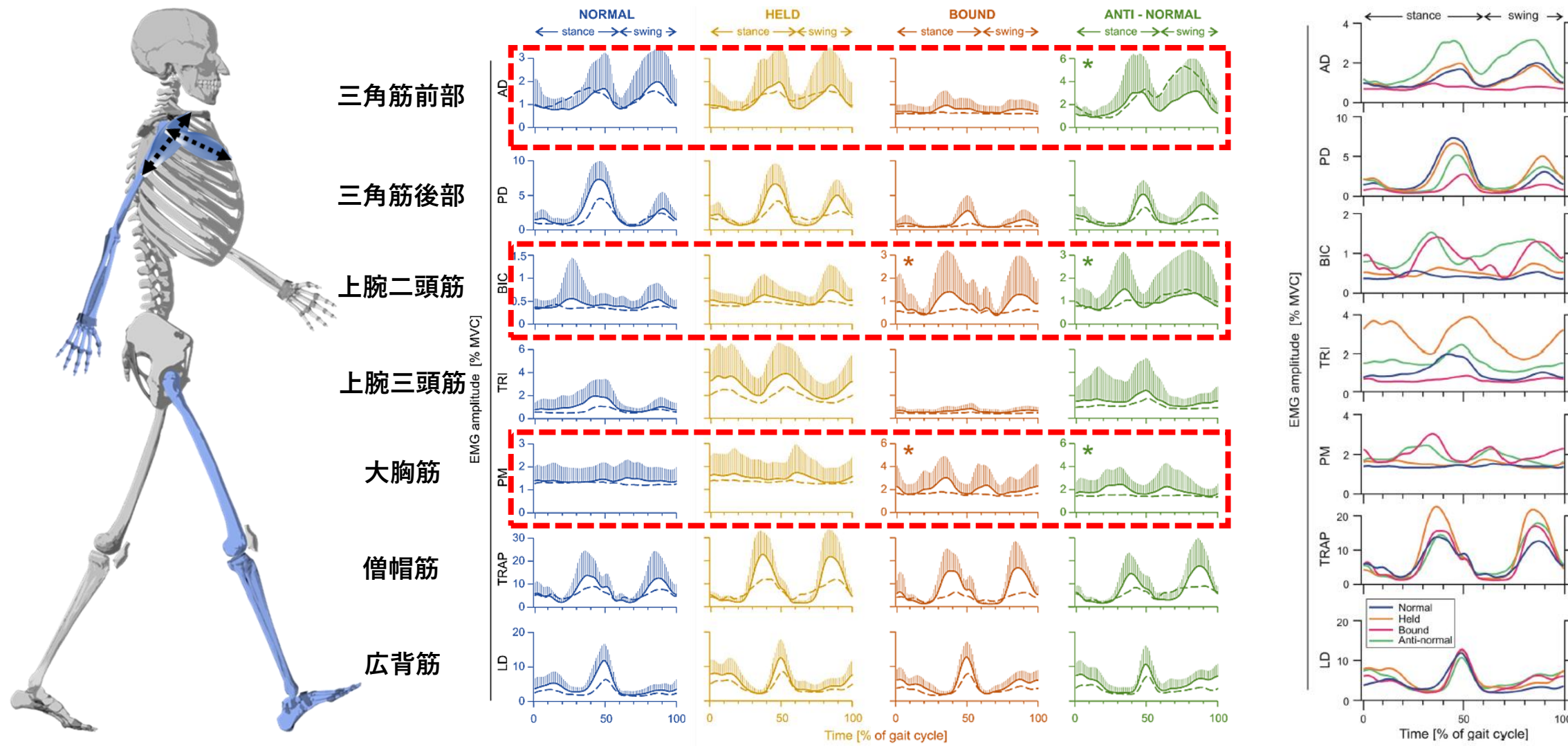
✓ 上肢・体幹は肩関節屈曲/同側体幹を前方回旋に移行させる筋群が作用するが、トルク制御する他筋群作用も重要



上肢スウィングによる筋活動の変化

Kuhtz-Buschbeck JP et al : Activity of upper limb muscles during human walking. J Electromyogr Kinesiol. 2012 Apr;22(2):199-206

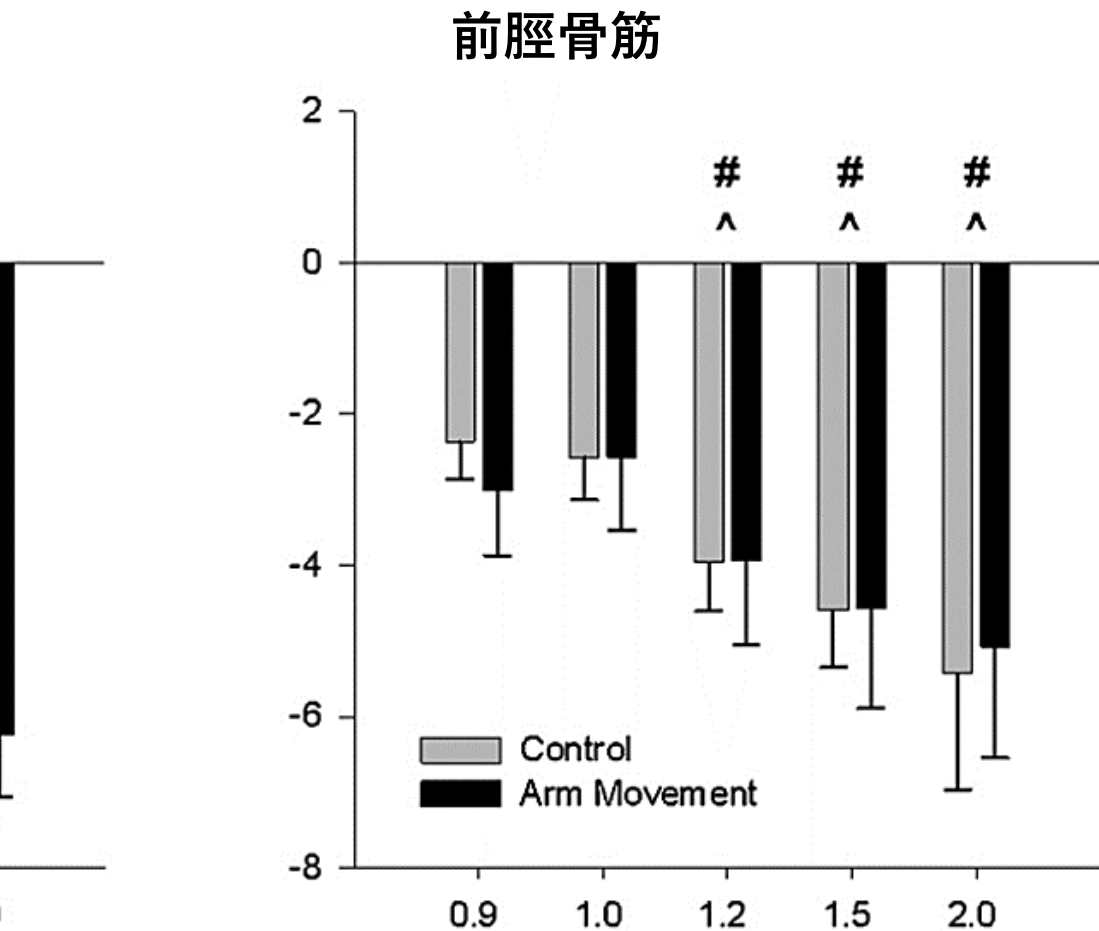
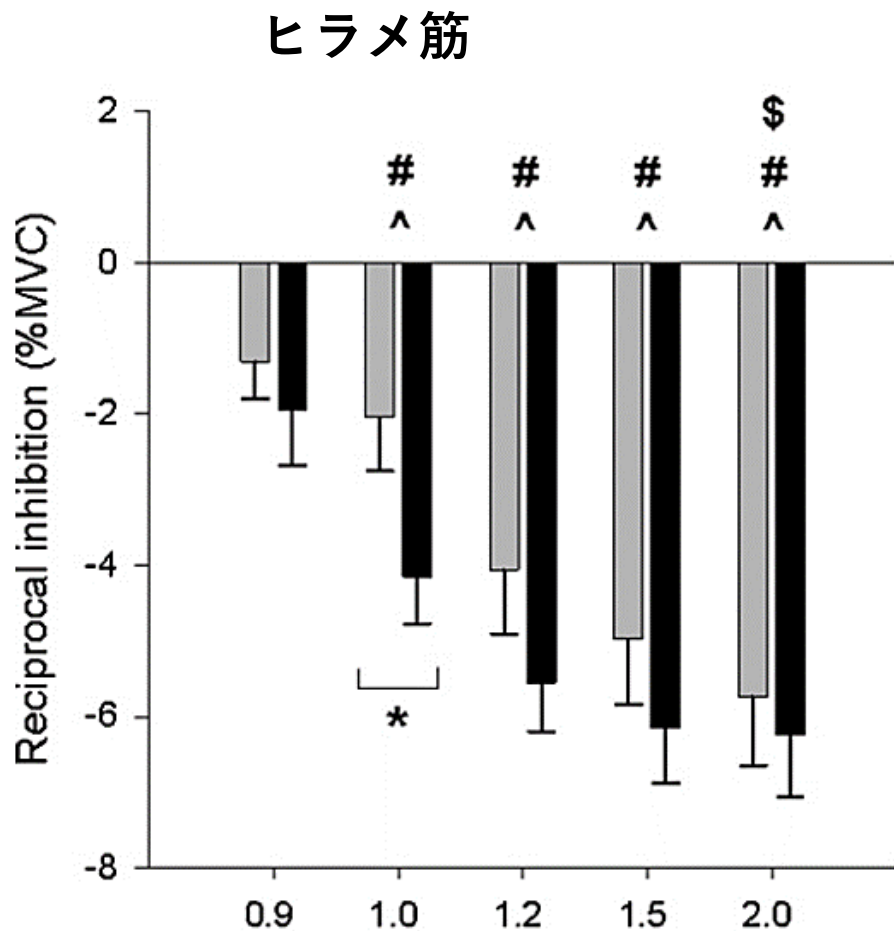
- ✓ 歩行中における上肢を固定した状態で筋活動を比較した研究では、正常(Normal)歩行に対して上肢を固定した状態での上肢スウィングの筋活動において優位差を認めたと報告
- ✓ 上肢の前方推進時において、代償的な筋活動により、エネルギーを補填していると示唆される



上肢スウィングが与える下肢への影響

Dragert K et al : Differential modulation of reciprocal inhibition in ankle muscles during rhythmic arm cycling. Neurosci Lett. 2013 Feb 8;534:269-73

- ✓ 上肢スウィングを要求しない群と要求する群で歩行した場合におけるヒラメ筋・前脛骨筋への影響をみた研究では、リズムカルな上肢スウィングはヒラメ筋の過剰性を抑制し、前脛骨筋への抑制を減少させたと報告している
- ✓ 内反尖足などの過剰パターンをとる脳卒中者において、上肢の観点からも治療する必要性があることを覗わせる

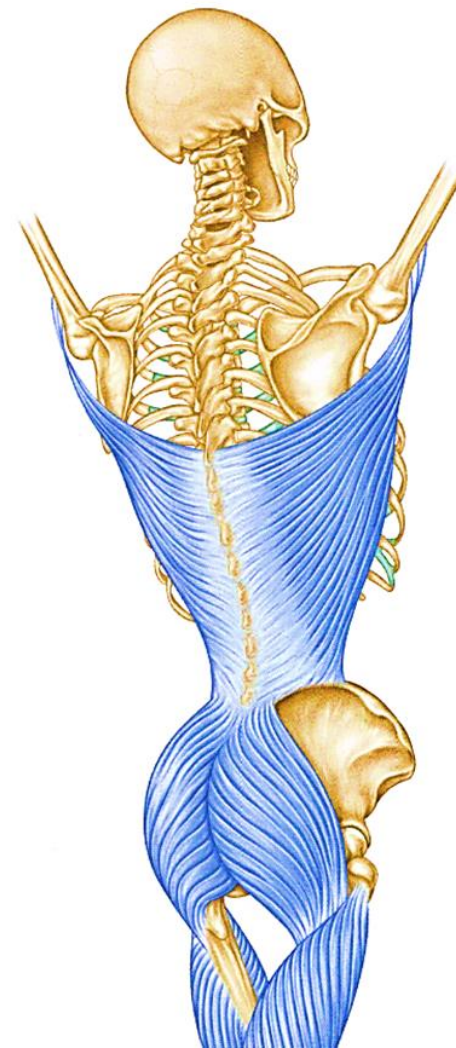
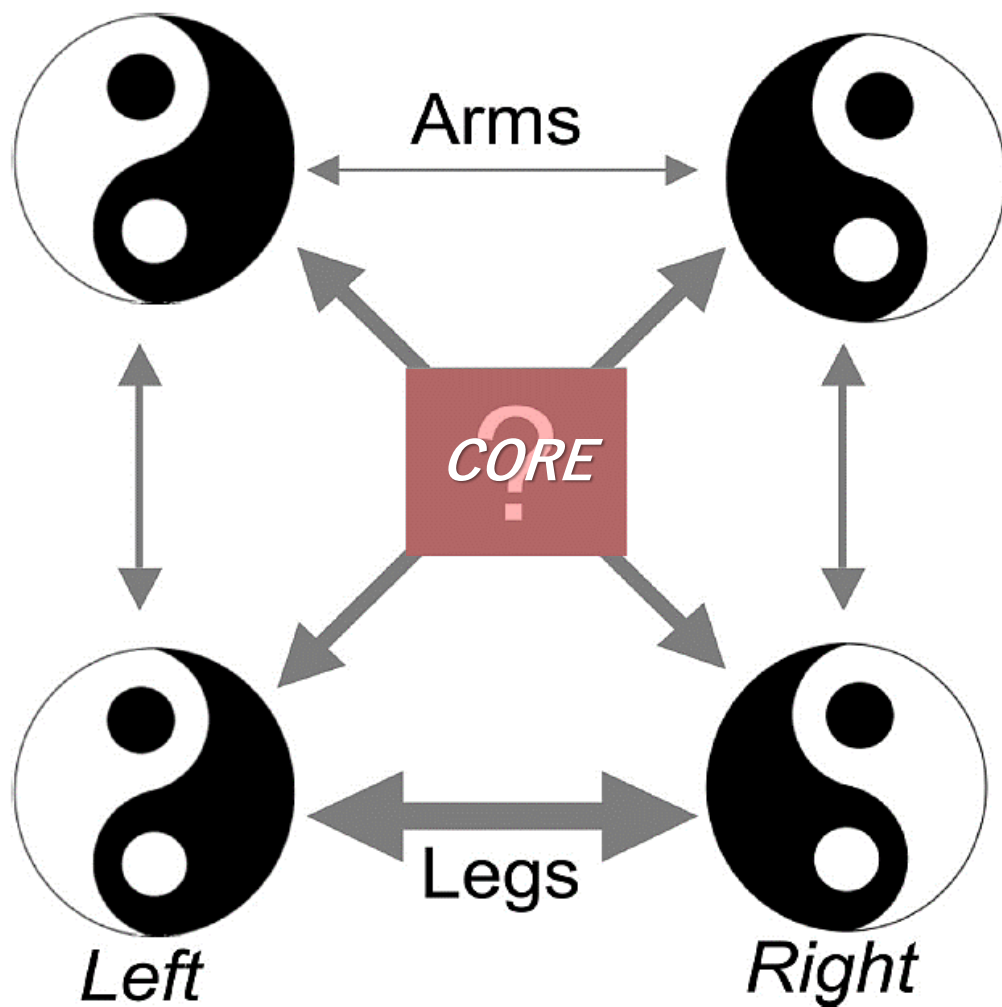


Stimulus Intensity (x MT)

上肢と下肢の律動的調整のためのCORE

Zehr EP : Neural control of rhythmic human movement: the common core hypothesis, Exerc Sport Sci Rev. 2005 Jan;33(1):54-60

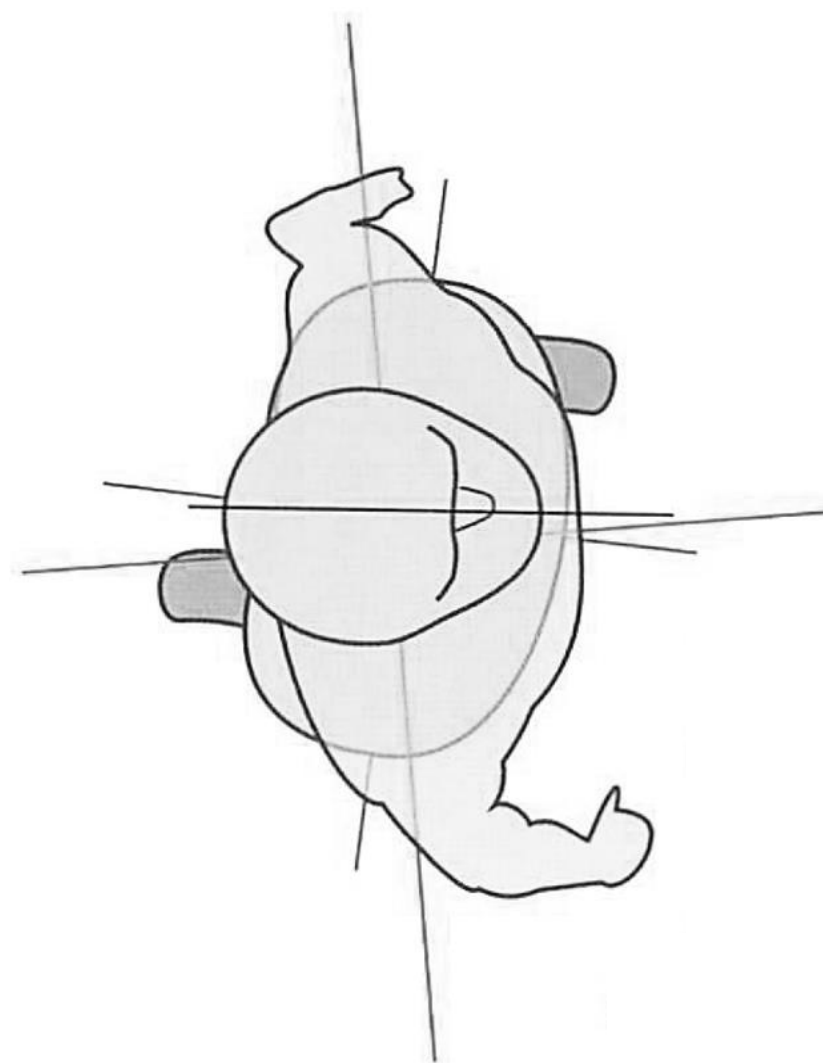
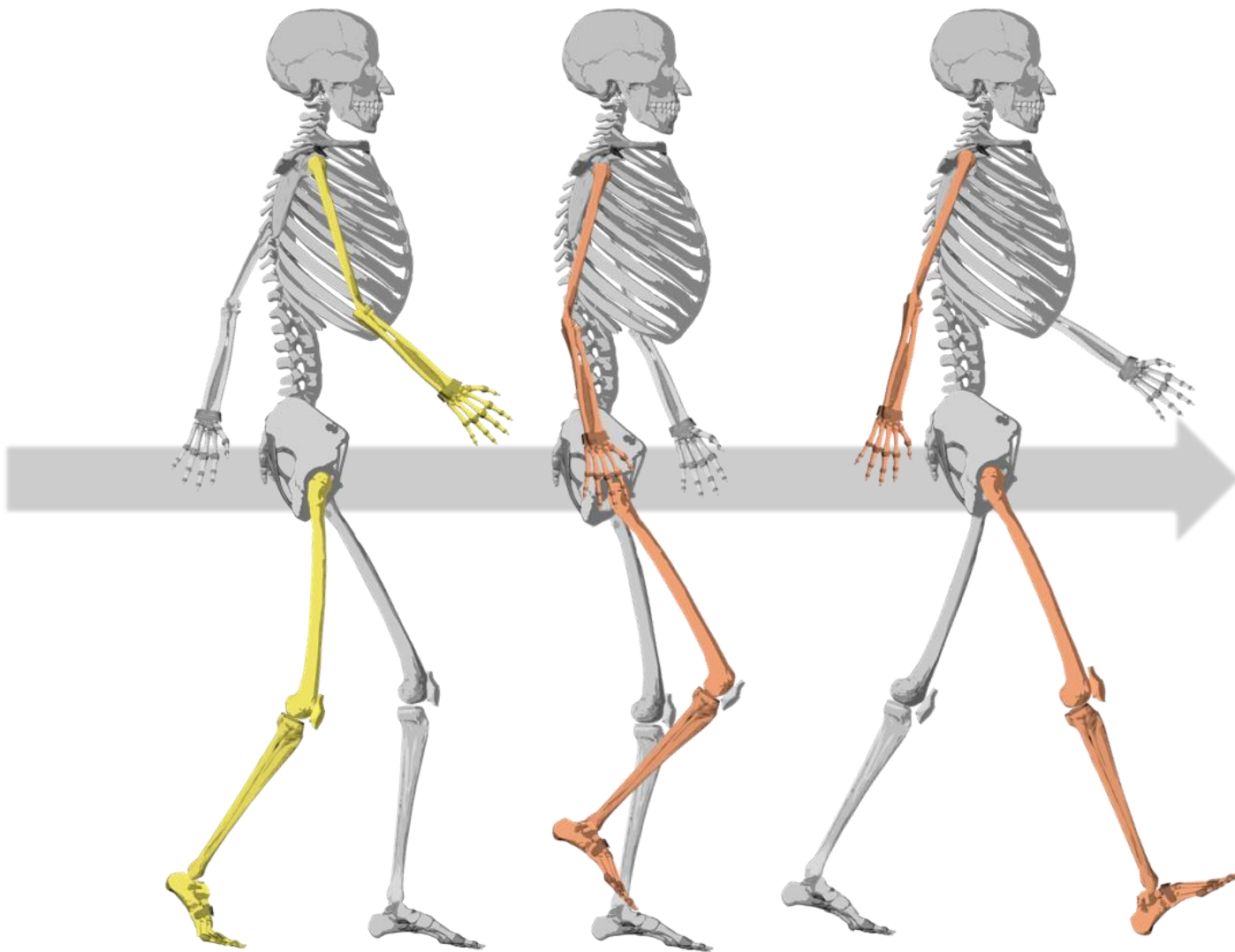
- ✓ 上肢スウィングは下肢のCPG調整に寄与するが、ただ単純に「振ればいい」という思考は当然ながら成り立たない
- ✓ 上位・下位の固有脊髄路間を適切にリンクさせていき、効率的な律動関係を構築するためには、上肢と下肢を繋ぐCOREの活性化を伴った四肢間協調を意識してセラピーしていくことが重要だと推測される



③脚推進 : *Swing Limb Advancement*

Kirsten Götz-Neumann : Gehen verstehen: Ganganalyse in der Physiotherapie. Thieme:Auflage. 2006

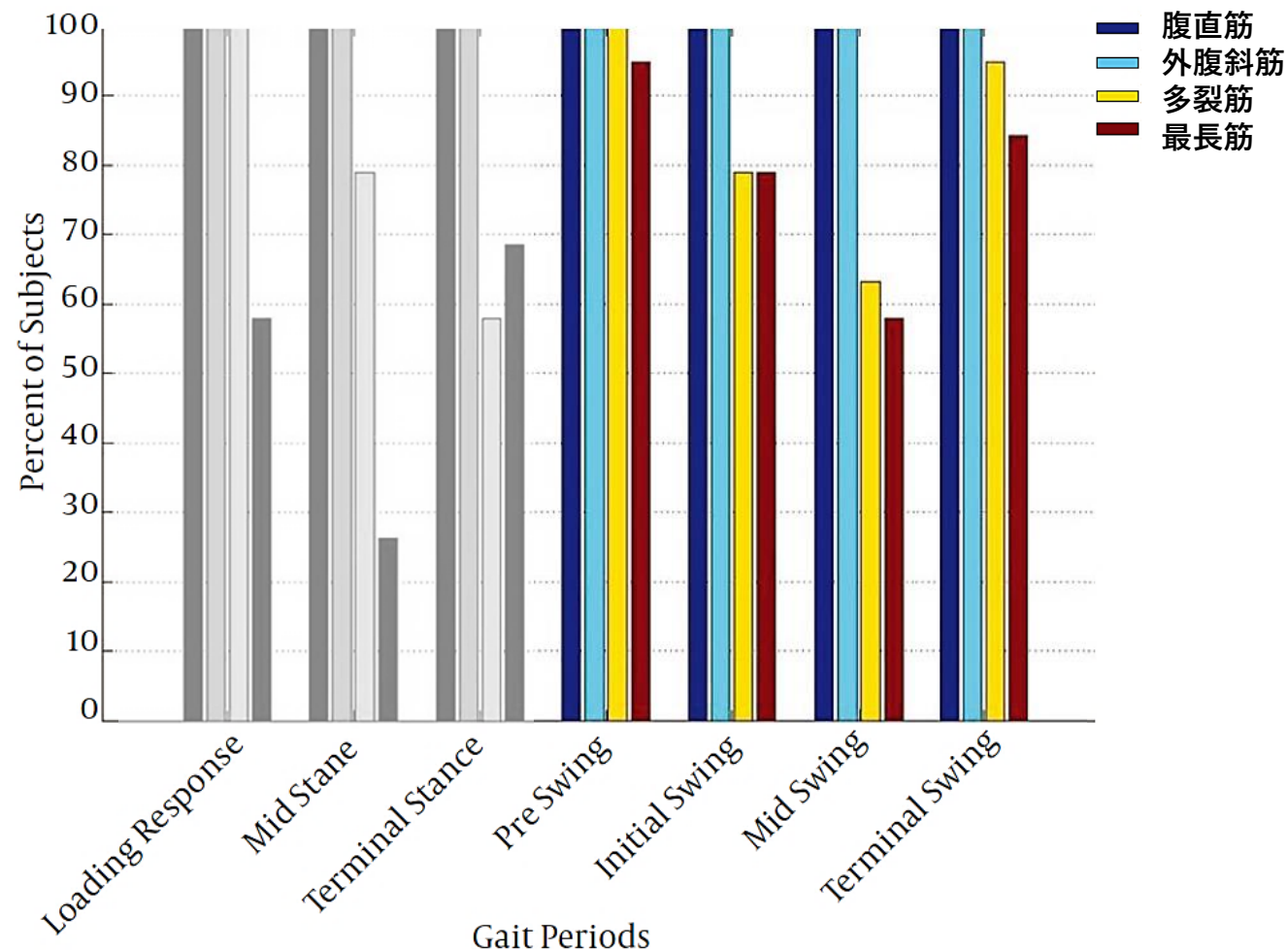
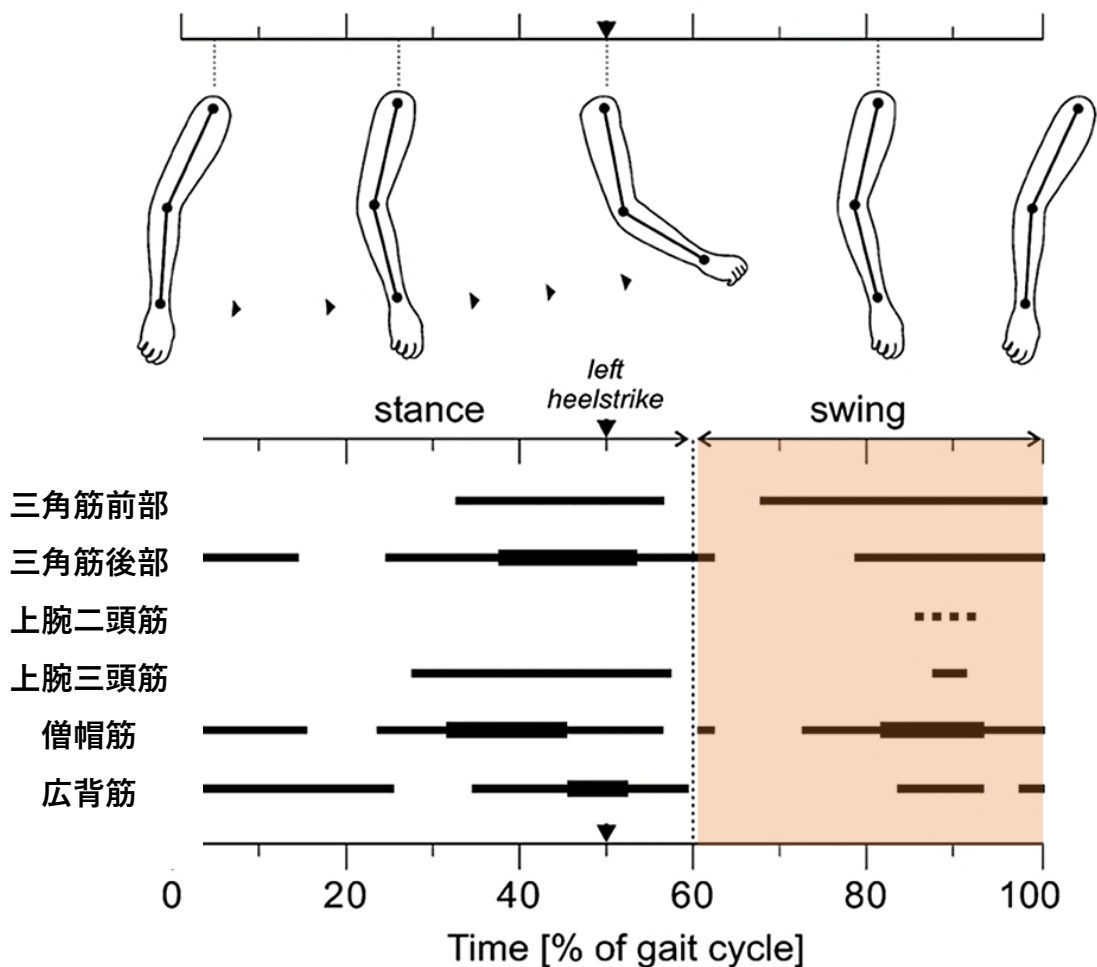
- ✓ LocomotorにおいてはPsw~Tsw(50%)にあたり、立脚時と同様Passengerは前方⇒後方回旋、屈曲⇒伸展となる
- ✓ 立脚時とは異なり、同側Locomotorは支持基底面を有さず接地しないため、空間での定位能力が要求される



他部位との関係性をとらえる

Chang M et al : Muscle activation patterns of the lumbo-pelvic-hip complex during walking gait before and after exercise, Gait Posture. 2016 Nov 9;52:15-21

✓ 上肢は肩関節伸展，同側体幹は後方回旋に移行していくが，立脚側による推進力/回旋トルクによる影響がメイン



立脚へ向けた視覚安定性の重要性

Francis CA et al : Gait variability in healthy old adults is more affected by a visual perturbation than by a cognitive or narrow step placement demand. Gait Posture. 2015 Sep;42(3):380-5

- ✓ 高齢者に対して歩行中に様々な課題を与え、それらによる歩行への影響を調査した研究において、視覚外乱を伴った場合のICの接地点はバラつきが大きくなる傾向を示した
- ✓ COMコントロール/認知的側面にも影響を受ける脳卒中患者においては、ICへの機能的条件がより不利になり得る

