

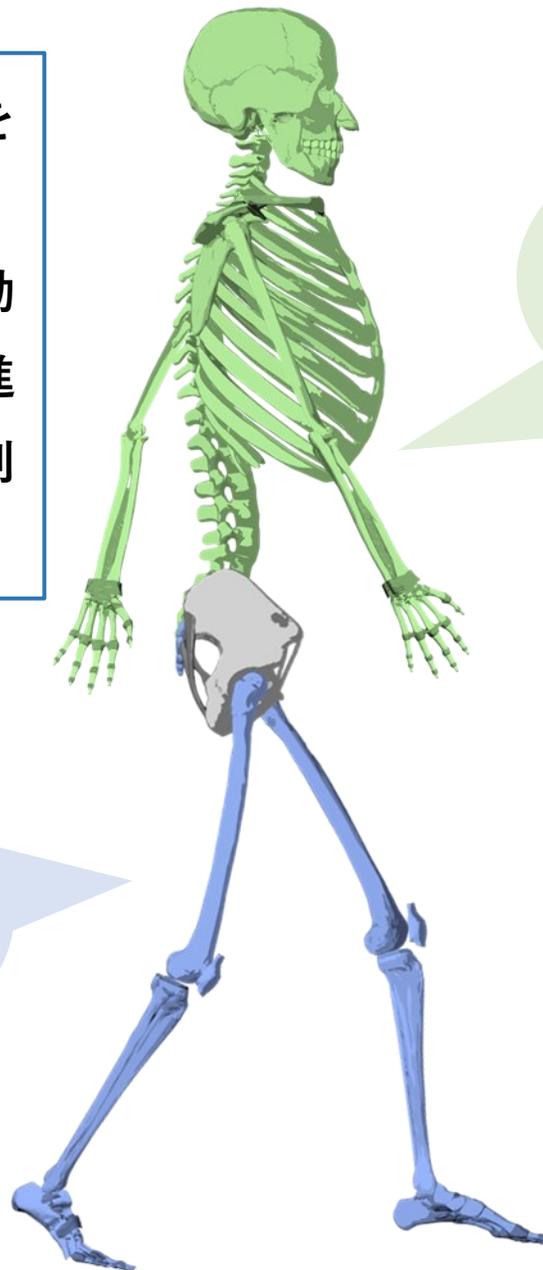
歩行の機能回復 - *locomotor* -

Locomotorの定義

- ロコモーターユニットは、骨盤、脚、足を含み、実際に歩行運動を行う部分です。
- パッセンジャーユニットを支えながら移動させます。このユニットが、歩行時の推進力や加速、ステップの長さ、歩行速度を制御し、歩行動作を完成させます。

Locomotor

- ✓ 骨盤～下半身を含んだ部位



Passenger

- ✓ 骨盤～上半身を含んだ部位

1歩目と2歩目の違い

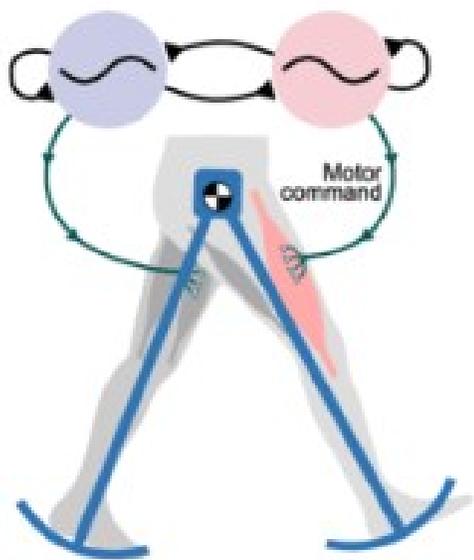
- 歩行は2歩目以降はCPGが働きリズムカルに自動化されたものとなっている。しかし、1歩目だけは2歩目以降とは違った神経活動が行われている。
- 1歩目は大脳皮質が主導し、APAや体重移動など意識的な神経活動が必要です。脳幹や前庭系が関与し、歩行開始時の安定性を確保します。初動では体幹と下肢の協調が重要で、リズムカルな運動を生成するCPGの働きとは異なり、トップダウン制御が主に行われます。



1歩目をどちらの足から出すべきか？

- 脳卒中患者が非麻痺側から歩行を開始することで、麻痺側の姿勢筋が活性化され、安定した姿勢調整が促進されることを示しました。
- また、別の論文では非麻痺側からのステップが、麻痺側下肢に体重を移すタイミングを調整し、スタンスフェーズを延長することに貢献するという報告もあります。
- リハビリの中で麻痺側を支持としたStep練習を組み込んでいくことは歩行の改善に重要な要素となります。

CPG model



Evaluation of spatio-temporal parameters of the non-paretic limb in the gait performance of post-stroke patients ; Rodrigo Andreola Serraglio et al.

APAとCPG

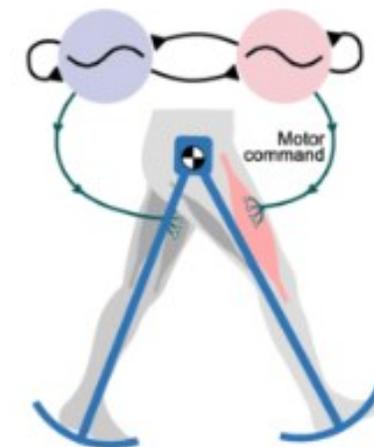
- APAは1歩目を踏み出す前に体重を移動させ、姿勢の安定性を確保する役割を担います。大脳皮質と脳幹が関与し、重心移動と筋活動を調整してスムーズな歩行開始を促します。
- APAの機能低下は、脳卒中や神経疾患患者において歩行開始時の転倒リスクを高めます。



Anticipatory Postural Adjustments During Gait Initiation in Stroke Patients ; A. Delafontaine, T. Vialleron, T. Hussein, et al.

- CPGは脊髄に存在し、2歩目以降の歩行運動をリズムカルに制御します。屈筋と伸筋の交互活動を生成し、上位中枢の負担を軽減します。
- CPGは感覚フィードバックと連携して環境に適応し、歩行の自律性と効率性を維持します。

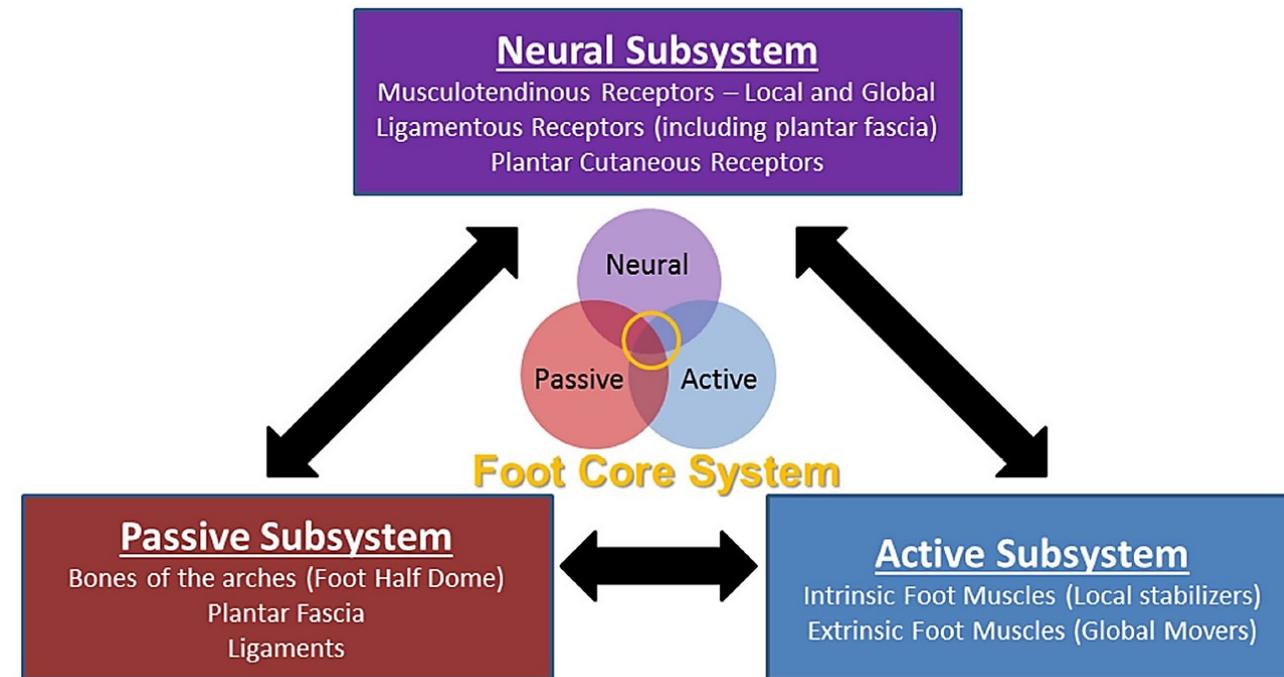
CPG model



Paretic versus non-paretic stepping responses following pelvis perturbations in walking chronic-stage stroke survivors ; J. A. Haarman, M. Vlutters, R. A. C. M. Olde Keizer, et al.

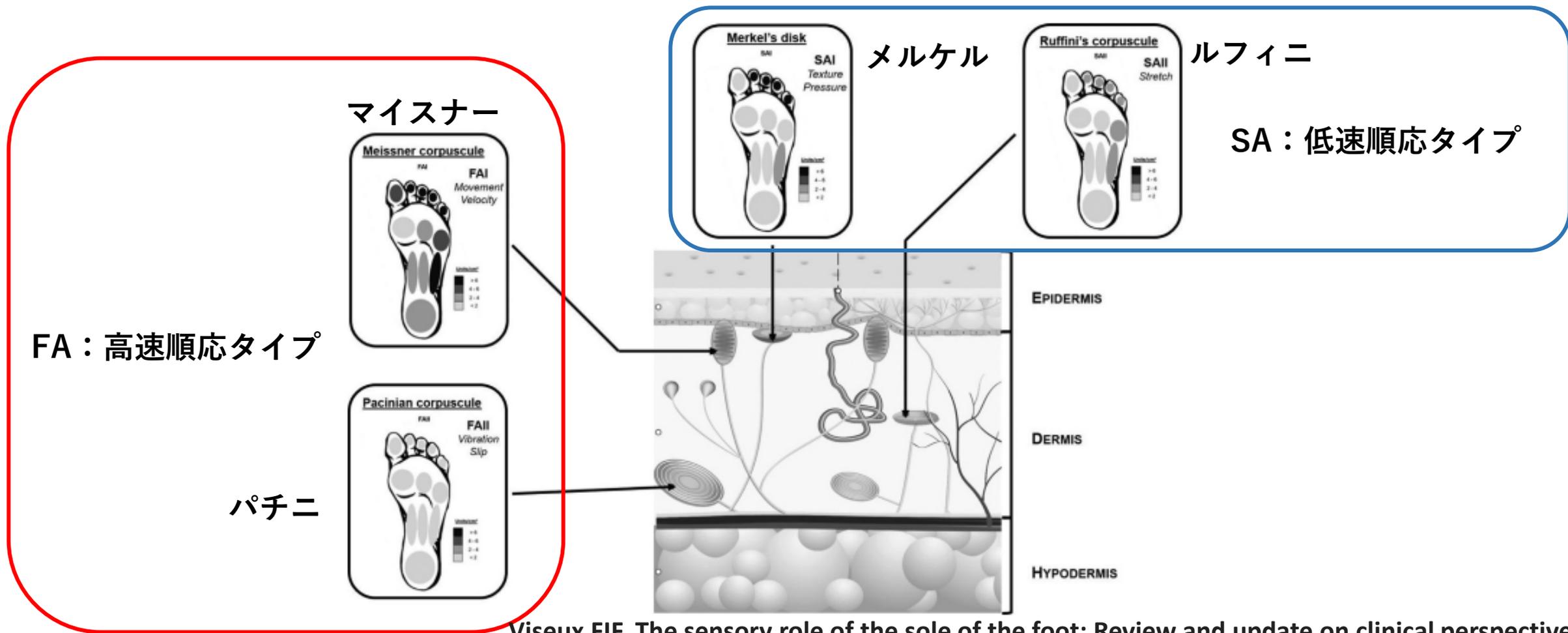
CPGをうまく働かせるために

- 足底感覚がCPGの活動に与える影響については、歩行の初動やリズム維持に感覚フィードバックが重要であることが多くの研究で示唆されています。
- Foot Core Systemとは、変化する足部変化において安定性と運動性を効果的に使用可能にするシステムであり、3つのサブシステムの相互関係によって成り立っています。
- Foot Core Systemは、①足部機能を高め、②ダイナミックな活動により能動化され、③姿勢保持に必要な活動を行い、④歩行周期において推進力を作り、⑤立位での基盤的役割を成します。



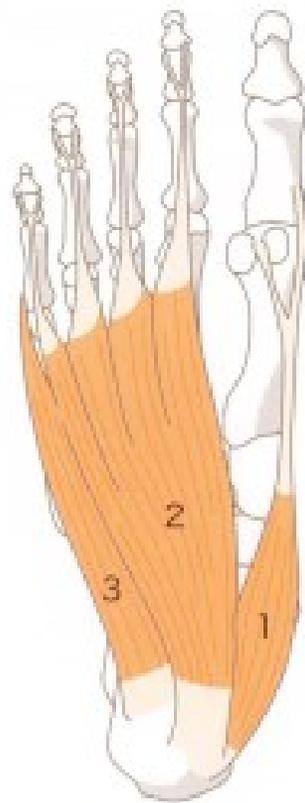
ニューラルサブシステム

- 足が地面に接触する際、足底の感覚受容体が地面の質感、硬さ、傾斜などの情報を脳に送ります。
- 脳はこの情報をもとに、足の筋肉にどのように動くかの指令を送り、バランスを保ちながら次の一步を踏み出す方法を調整し、歩行時の安定性と適応性を確保するために継続的に活動します。



アクティブサブシステム

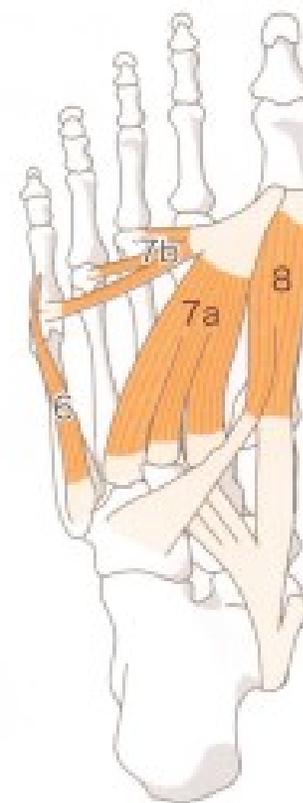
- 歩行時、足底筋群や下肢の他の筋肉がアクティブに働き、足のアーチを支え、衝撃を吸収し、推進力を提供します。例えば、踏み出す際には足の筋肉が地面からの押し返し力（床反力）を利用して体を前進させます。
- 筋肉は、歩行のさまざまな段階で適切な強度とタイミングで収縮し、滑らかで効率的な動きを実現します。



第1層



第2層



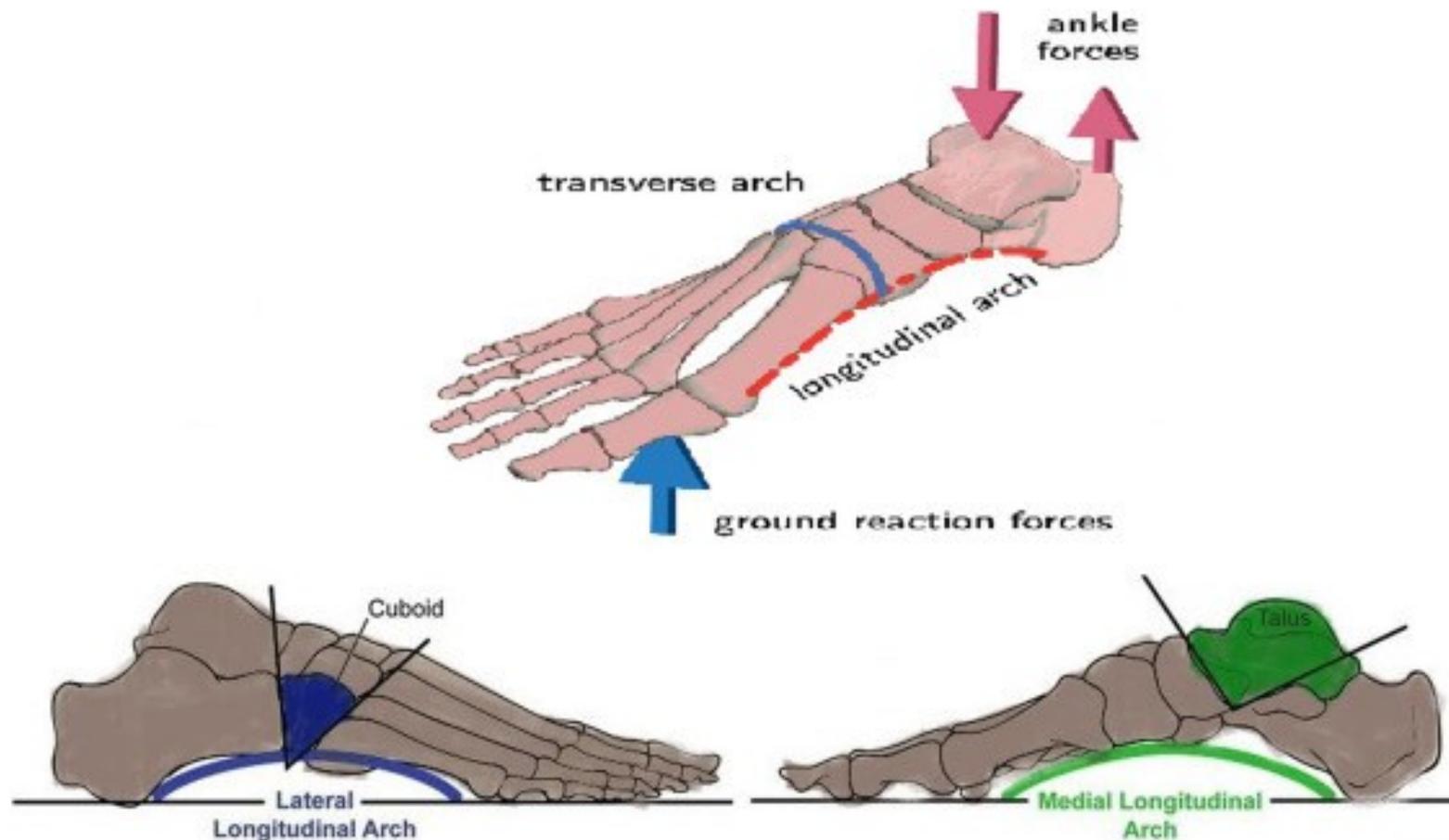
第3層



第4層

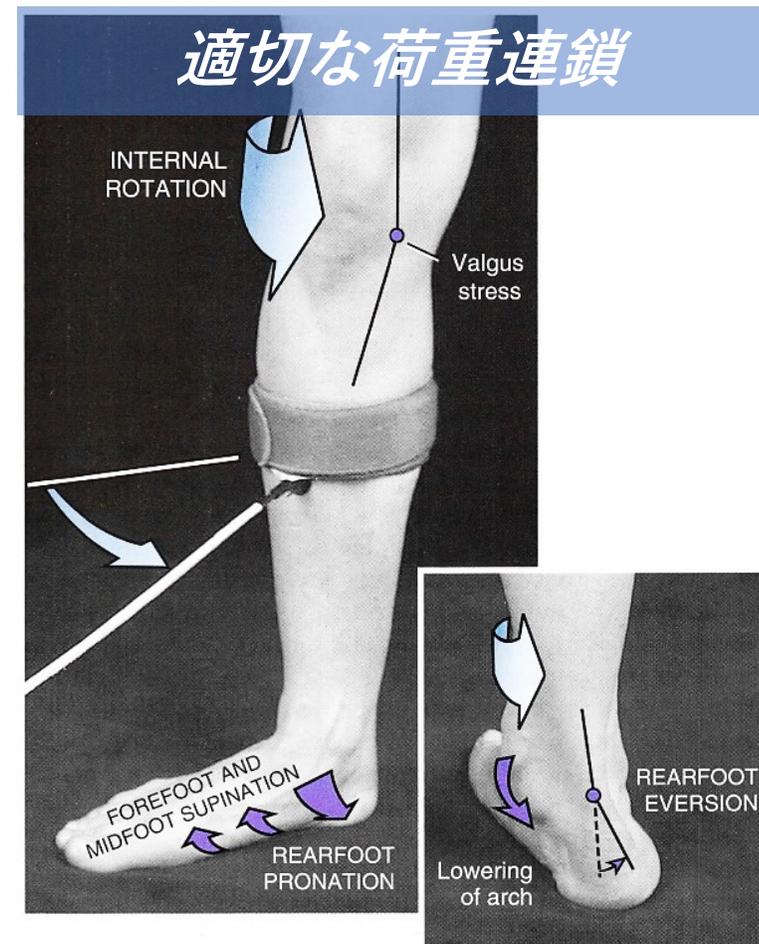
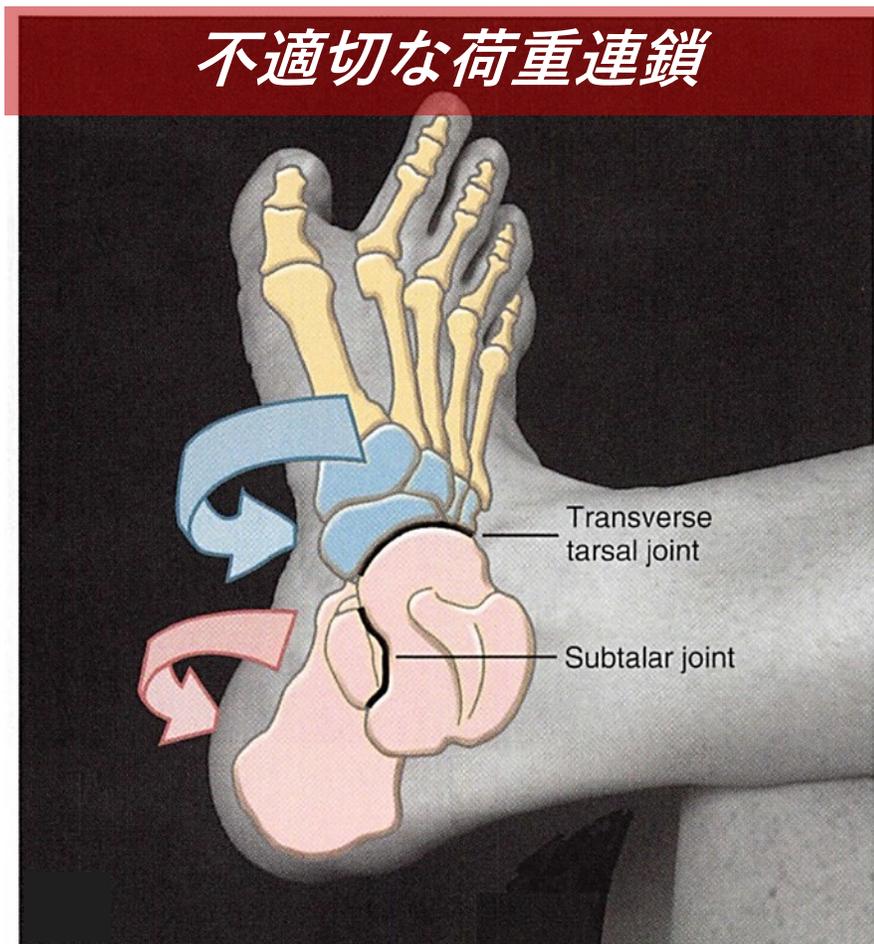
パッシブサブシステム

- 骨、靭帯、関節は、歩行時に足の形状を保持し、体重を支えるための基本的な構造を提供します。
- 歩行の各段階で、足の骨は適切な位置に保たれ、靭帯は骨を安定させ、関節は必要な動きの範囲を可能にします。
- このサブシステムは、衝撃を吸収し、効率的な力の伝達を助けることで、歩行の安定性を高めます。



なぜアーチが必要なのか？

- LRにおけるST関節回内は、足部内在筋と足根骨のよるアーチ構造により衝撃吸収とCOM下降制御を保障します。
- 過度なST関節の回内は、足部内在筋&足部アーチの破綻を意味し、衝撃吸収能とCOM制御を阻害します。
- 過度な回内はST関節⇒下腿⇒大腿まで連鎖により波及し、歩行に要求される膝・股関節機能へと影響を与えます。



装具と杖のメリット・デメリット

- 杖や歩行器の使用によって動作の自由度が制限され、中枢パターン発生器（Central pattern generator：CPG）を活用したリズムカルな歩行を妨げることやフットコアシステムの低下に繋がる可能性があります。
- 杖への過度の依存や装具による不適切なフィットは、足の筋肉の弱化や機能不全を引き起こし、足の安定性や動きのコントロールが低下することがあります。このため、足の筋肉や関節の適切な機能維持が重要です。

	メリット	デメリット
杖	<ol style="list-style-type: none"> 1. 歩行の安定性とバランスの向上 2. 体重の負担軽減と関節・筋肉へのストレス減少 3. 自立の促進 4. 転倒リスクの減少 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正しい使用方法が必要 2. 過度の依存による筋力低下の可能性 3. 片手が制限される 4. 肩や手首への追加的な負担
装具	<ol style="list-style-type: none"> 1. 関節のサポートと安定性向上 2. 筋肉の再教育とリハビリテーションの助け 3. 日常生活の機能向上 4. 合併症の予防 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不快感や圧迫感 2. 筋肉の依存や弱化 3. フィットの問題 4. コストと維持管理

杖・歩行器を導入する際のチェックポイント

- ❑ 歩行中のアームスイング(腕振り)が制限されてしまう。
- ❑ 非麻痺の股関節運動が優位となり、上肢での荷重依存となる歩行を助長させている。
- ❑ 麻痺側下肢への荷重量が減少してしまう。
- ❑ 麻痺側の股関節の伸展運動が妨げられてしまう。(腰が引けた歩行となる)
- ❑ 非麻痺側の上肢が過剰に緊張してしまう。(杖を強く握ってしまう、肩回りが緊張する)
- ❑ 麻痺側の上肢の緊張が高くなってしまう。(肘や手首、指が曲がってくる)
- ❑ 視線が下がりやすく、体幹が屈曲位になってしまう。
- ❑ 頭頸部の位置が前方偏位しやすく、常に前方重心の歩行となってしまう。
- ❑ 補助具を意識しすぎて、ぎこちない歩行(ロボット様)になってしまう。

免荷式トレッドミルの有効性

□ トレッドミルトレーニングの利点

①より通常の歩行パターンの練習が容易になること

②大量のステップ練習ができる

400回のリーチ課題によって運動野のシナプスの数が増加したとの報告されています。

しかし、1セッションあたりの上肢の平均反復回数は32回、
ステップ数は357歩との報告があります。

□ 自分で選択した速度よりも速い速度でトレーニングした場合、

麻痺のある股関節の伸展

スイング中の膝の屈曲にも大幅な改善

速度が増加しても周回運動やヒップハイクの増加は見られな

かったとの報告されています。股関節伸展の角度は、速度が

0.1 m/s 増加するごとに約2度増加したとの報告もある。



股関節伸展の重要性

- 健常者20名が異なる歩行速度（自選速度とその120%）でトレッドミル上を歩き、歩行時の推進力に対する足首モーメントと後肢角度の相対的な寄与を分析。
- 足首モーメントと後肢角度は推進力に直線的に寄与し、特に後肢角度の変化が推進力の増加により大きく寄与することが明らかになりました。
- 推進力を高めるために足首モーメントよりも後肢角度を優先的に調整することを示唆されている。=足をどれだけ後ろに残せるかが重要！

