

第 14 回
サテライトカンファレンス
in 東京

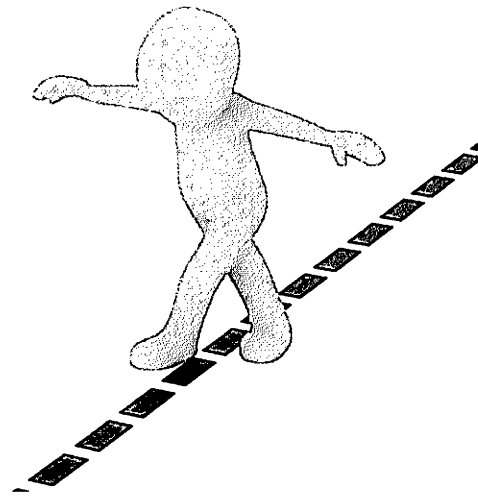
抄録集

テーマ

「バランス再考」

教育講演

シンポジウム 2 題



日時：平成 30 年 12 月 2 日（日）

10:00～16:30

会場：星稜会館

主催：日本理学療法士協会

日本神経理学療法学会

目 次

プログラム・参加者の皆様へ

大会長挨拶・代表運営幹事挨拶・事務局からの注意点

教育講演

「神経疾患患者に対するバランス能力評価とアプローチの考え方」

講師 文京学院大学 望月 久

座長 首都大学東京 網本 和

シンポジウムⅠ

中枢神経疾患患者の症例検討 「バランスに焦点を当てた理学療法評価とその解釈」

シンポジスト 藤野 雄次 先生（埼玉医大国際医療センター）
阿部 紀之 先生（袖ヶ浦さつき台病院）
大沼 亮 先生（介護老人保健施設ケアタウン ゆうゆう）
司会 松田 雅弘 先生（城西国際大学）
北山 哲也 先生（山梨リハビリテーション病院）

シンポジウムⅡ

中枢神経疾患患者の症例検討 「バランスに焦点を当てた理学療法とその解釈」

シンポジスト 福富 利之 先生（リハビリテーション花の舎病院）
万治 淳史 先生（埼玉みさと総合リハビリテーション病院）
板東 杏太 先生（国立精神・神経医療研究センター）
司会 諸橋 勇 先生（いわてリハビリテーションセンター）

第14回 サテライトカンファレンス in 東京 プログラム

9:30 受付開始

10:00～11:30

教育講演「神経疾患患者に対するバランス能力評価とアプローチの考え方」

講師 望月 久 先生（文京学院大学）

司会 網本 和 先生（首都大学東京）

11:30～12:20 休憩

12:20～14:20 シンポジウムⅠ

中枢神経疾患患者の症例検討 「バランスに焦点を当てた理学療法評価とその解釈」

シンポジスト 藤野 雄次 先生（埼玉医大国際医療センター）

阿部 紀之 先生（袖ヶ浦さつき台病院）

大沼 亮 先生（介護老人保健施設ケアタウン ゆうゆう）

司会 松田 雅弘 先生（城西国際大学）

北山 哲也 先生（山梨リハビリテーション病院）

14:30～16:30 シンポジウムⅡ

中枢神経疾患患者の症例検討 「バランスに焦点を当てた理学療法とその解釈」

シンポジスト 福富 利之 先生（リハビリテーション花の舎病院）

万治 淳史 先生（埼玉みさと総合リハビリテーション病院）

板東 杏太 先生（国立精神・神経医療研究センター）

司会 諸橋 勇 先生（いわてリハビリテーションセンター）

参加者の皆様へ

1. 喫煙場所について

指定の喫煙場所をご利用ください。

2. 昼食について

会場内は食事が禁止になっております。添付しています飲食店マップを参考にしてください

3. 当会の目的と撮影、カンファレンスの情報公開

具体的に症例を通じて運動学習を意識した運動療法の展開を提示して頂き、その思考過程をクリニカルリーズニングして、さらなる理学療法の可能性を探る展開としたいと考えております。

本日の研修会は撮影禁止ですが、本部のほうで撮影は行っております。これは研修会終了後に日本神経理学療法学会のホームページで本日のカンファレンスの内容を公開するためです。本日の議論やステートメントを後日公開致しますので、ご確認ください。

サテライトカンファレンスの目的

日本神経理学療法学会 代表運営幹事
吉尾 雅春

- ・ 症例検討の実施で神経理学療法の理解を深める
- ・ 症例の全体像の把握、画像診断と臨床像のマッチング、クリニカルリーズニング・プログラム内容のエビデンス、治療効果の検証など
- ・ 神経理学療法領域で使用している用語の定義を明確にすること
- ・ テクニカルスタンダードの確立
- ・ 最新の医学、科学に基づいた新たなことへの取り組み、新たな領域の開発

第 14 回サテライトカンファレンス東京について

日本神経理学療法学会では、この数年「バランス」をテーマに議論を重ねてきました。「バランス」について、この秋に発行された理学療法ジャーナル「バランス再考」より下記のように提案されています。

さまざまな疾病・障害によって起こる動作困難に対してどのように理解し、評価し、治療していく過程のなかで「バランス」は最大の課題の1つです。しかし、「バランス」は各人が多様相性、多義性を含む各々の定義によって頻用されています。20世紀初頭の Sherrington の反射理論に基づき Hughlings Jackson らが唱えた反射階層理論から、1970年以降の多要素から成り立つシステムとして Nashner、Shumway-Cook、Woollacott、Horak らによるシステム理論に広がっています。現在では、動作の安定性及び効率性という視点から動作の目的や固体と環境とのかかわりのなかでの神経系の感覚・認知・運動調節機能、筋機能、骨・関節機能なども含む身体機能全体の表出という視点でバランスを捉えるようになっていきます。

神経科学、認知科学、生体力学、ロボット工学などの進歩によって、「バランス」障害のより包括的な評価、各特性に応じたアプローチの選択、神経系の可塑性を考慮した理学療法アプローチなどが検討していかなくてはなりません。その真ん中に理学療法士も含まれています。中枢神経系疾患のバランス障害に対して、どのように評価をして、理学療法アプローチを実践していくべきか、このサテライトカンファレンス東京でしっかりと議論していきたいと思えます。

教育講演

『神経疾患患者に対するバランス 能力評価とアプローチの考え方』

パーキンソン病と運動失調症を中心に

講師：望月 久 先生（文京学院大学）

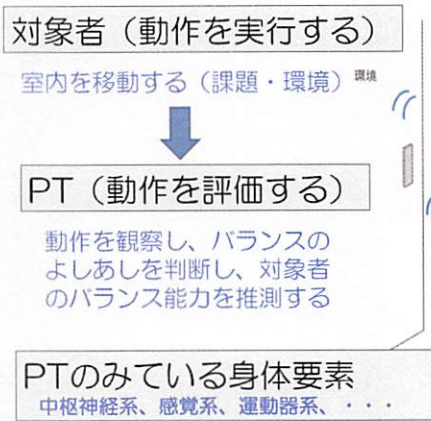
司会：網本 和 先生（首都大学東京）

神経疾患患者に対するバランス能力評価とアプローチの考え方

パーキンソン病と運動失調症を中心に

文京学院大学保健医療技術学部
理学療法学科 望月 久

バランスに関連する要素



中山：運動療法より

バランスの捉え方

～バランスとバランス能力～

観察される現象

バランス

バランス能力

バランスを担う身体能力

バランス・バランス能力の定義

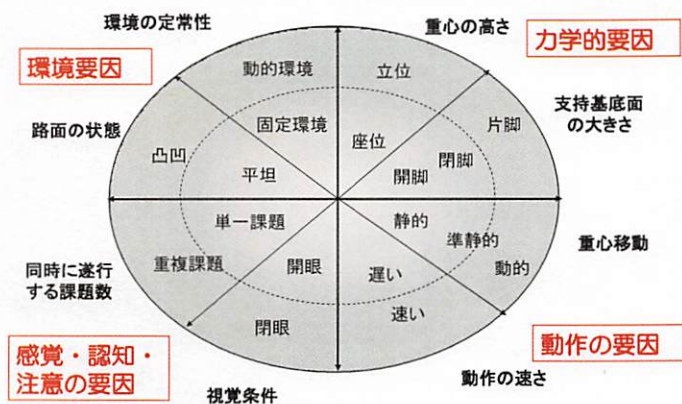
バランスは姿勢調節における安定性に着目した概念で、一定の支持基底面内に身体重心線を収めることがその要件になり、姿勢調節にかかわる多くの要素により遂行されるもの

バランス能力は、姿勢保持や動作において、支持基底面と身体重心線の関係を適切に保ち、目的とする課題を安定に効率良く実行させる機能

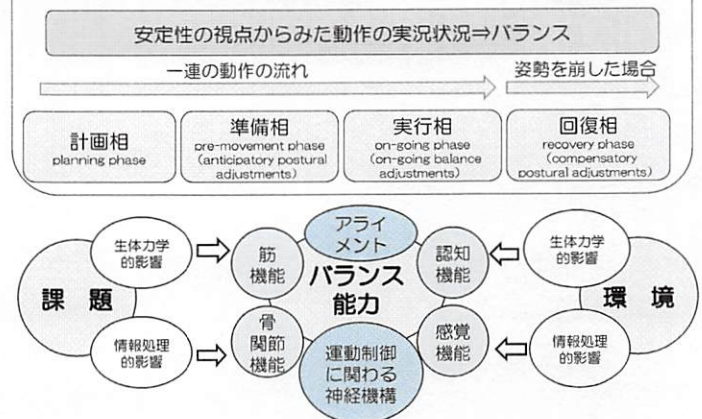
バランス能力を構成する要素とバランス障害との関連性

バランス能力を構成する要素	関連する症状・機能障害
運動制御に関わる神経機構	中枢性・末梢性運動麻痺 小脳性運動失調 パーキンソニズム 不随意運動
感覚系機能	視覚障害 体性感覚障害 前庭機能障害
認知機能	注意障害 認知障害 遂行機能障害
筋機能	筋力 筋持久力 筋の伸張性・粘弾性
骨・関節機能	全身のアライメント 関節可動域制限・変形 関節の適合性 荷重痛・運動痛

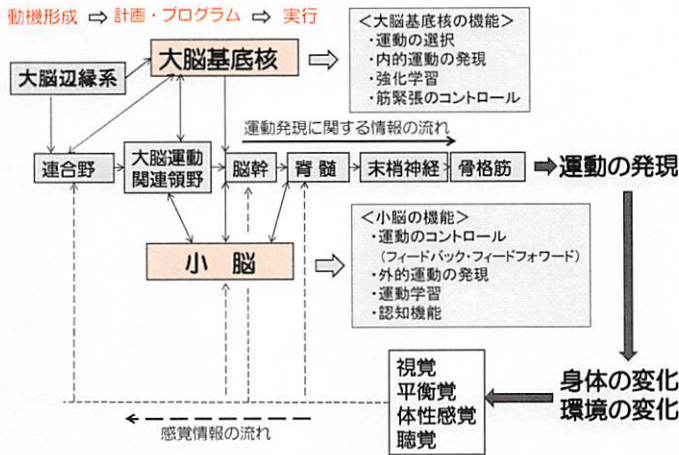
バランスの難易度に影響を及ぼす課題と環境の要因



姿勢・動作の発現からみたバランスの全体像



随意運動発現の流れ



予測的姿勢調節と反応的姿勢調節

＜予測的姿勢調節＞
動作に先立って姿勢を調節し、
動作が容易に、安定にできる
ようにする

＜反応的姿勢調節＞
姿勢が崩れた際に、安定した姿
勢に戻すようする

＜共通点＞

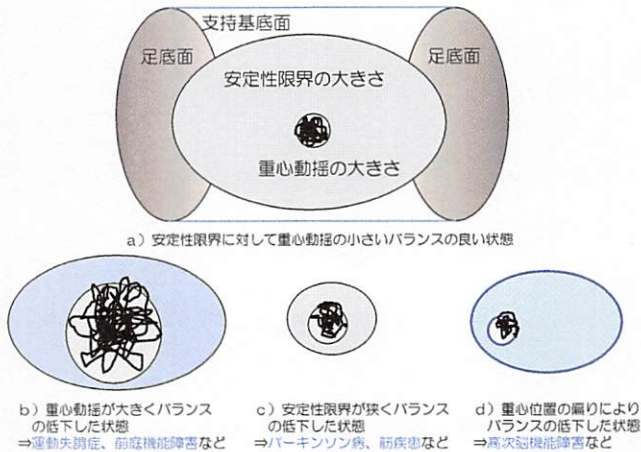
- 1) 動作の安定化機構
- 2) 学習によって獲得される
- 3) 状況依存的な反応

ある環境下で、動作（課題）を繰り返すことでバランス能力が向上する
のは、予測的姿勢調節や反応的姿勢調節が獲得されることにつながる



バランス改善の運動療法の基本

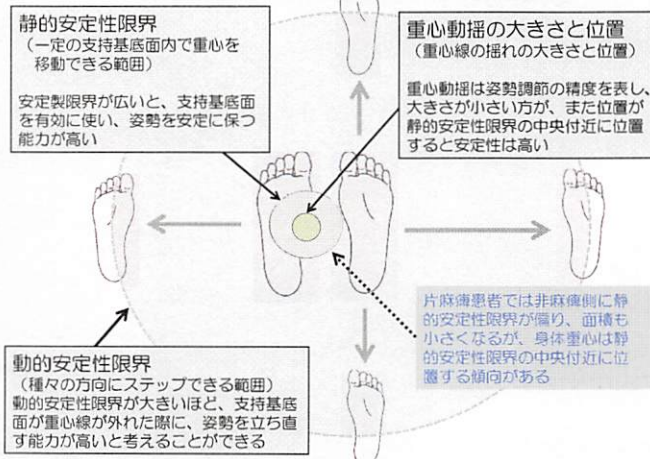
安定性限界と重心線からみたバランスのよしあし



支持基底面と身体重心からみた動作の分類

	支持基底面の変化しない動作			支持基底面が変化する動作		
動作の説明	動作を伴わない姿勢保持	重心移動を目的としない動作	重心移動を目的とする動作	身体重心が常に支持基底面内にある動作（準静的動作）	身体重心が支持基底面から外れるときがあるが、身体の一部は常に支持面と接している動作	身体と支持面が離れることがある動作
動作の例	・座位保持 ・立位保持	・座位や立位での上肢運動 ・振り返り動作 ・その場でのスクワット	・座位や立位でのリーチ動作 ・立ち上がり ・その場でのスクワット	・静歩行 ・ゆっくりとした立ち上がり	・通常の歩行 ・ステップ運動 ・素早い立ち上がり	・走行 ・ジャンプ ・スキップ

バランス能力を規定する空間的要因



バランスがよいための条件

1. 安定性限界が大きいこと
2. 重心動揺が相対的に小さいこと
3. 重心位置が安定性限界の中央付近にあること
4. 動的（予測的）安定性限界が大きいこと
5. 重心位置の変化を予測して、適切な支持基底面をつくれること

身体重心を調節する2つの方法

身体重心制御⇒アライメント調整



○姿勢保持や動作中のアライメントが重要

足圧中心制御⇒COPによるCOGの調節



○姿勢保持や動作中の身体の移動方向、身体運動のタイミング、身体の揺れが重要

○筋活動による体節の力のつり合い、体節の連結作用（体節の固定性と運動性）なども重要

バランス能力の評価指標

パフォーマンスに基づく臨床的な評価指標

- ・ ファンクショナル・リーチ (FR)
- ・ Timed Up and Go test (TUG)
- ・ Berg balance scale (BBS)
- ・ Performance oriented mobility assessment (POMA)
- ・ Rombergテスト
- ・ 片脚立ちテスト
- ・ BESTest

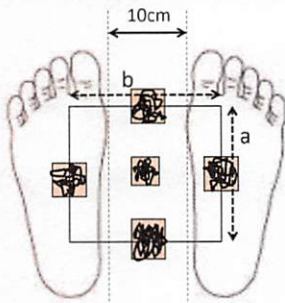
測定機器を用いた研究的な評価指標

- ・ 重心（足圧中心）動揺計
 - 軌跡長、動揺面積、動揺速度など
 - Equi-test（視覚、体性感覚の調整）
- ・ 三次元動作解析装置
 - COPとCOMの解析
- ・ 加速度計

主観的な評価指標（質問紙）

- ・ Falls efficacy scale
- ・ Activity specific balance confidence scale

姿勢安定評価指標の測定方法と計算式



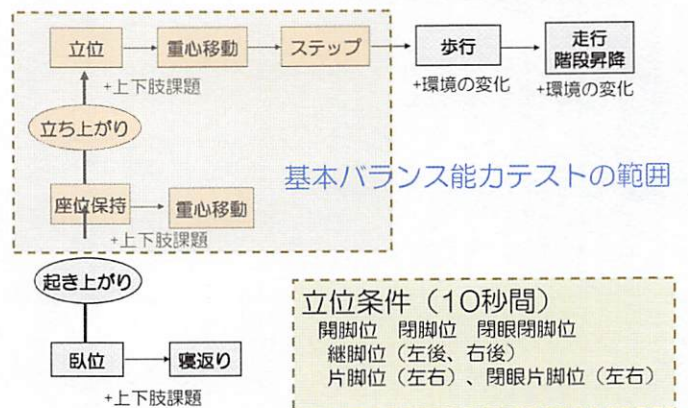
平均重心動揺面積：
⇒ (中央+前方+後方+右方+左方) / 5
(各位置での10秒間の矩形動揺面積の平均値)
・与えられた姿勢（支持基底面）での平均的な動揺の程度を示す指標

安定性限界面積：
⇒ a × b
(前後方向と左右方向の重心移動距離の積)
与えられた姿勢（支持基底面）で、重心を移動できる範囲を示す指標

$$\text{姿勢安定度評価指標} = \log \left(1 + \frac{\text{安定性限界面積}}{\text{平均重心動揺面積}} \right)$$

Index of postural stability

起居移動動作におけるバランスの評価およびバランス改善の運動療法の枠組み



立位条件（10秒間）
開脚位 閉脚位 閉眼閉脚位
継脚位（左後、右後）
片脚位（左右）、閉眼片脚位（左右）

バランス能力改善の理学療法の基本的な考え方

- ・ やや不安定な動作課題（少し難しい課題）を実行する中で、運動学習（神経系の可塑性）を促す
- ・ 動作練習としては、適切な姿勢のなかでの重心線と支持基底面との空間的・時間的關係の再学習が主要な課題になる
- ・ バランス能力を構成する要素で、低下しているものがあれば、その改善を図る
 - 柔軟性、筋力、身体イメージ、予測的・反動的姿勢調節
- ・ 静的安定性限界、動的安定性限界を拡大し、身体動揺は減少させる
- ・ バランス能力の3つのレベルを考慮する
- ・ 課題や環境を変えて適応性の向上させる

小脳性運動失調のバランス障害の特徴と理学療法のポイント

神経系の問題	運動器系の問題
・ 運動失調（協調性障害）	・ 廃用性筋力低下
・ 筋緊張低下	
・ 病型により感覚障害	

生体力学的制約	あまりなし、筋力低下
安定性限界と垂直性	重心動揺増大
予測的姿勢調節	調節困難（過大・過小、タイミング不良）
姿勢反応	調節困難（過大・過小、タイミング不良）
感覚指向性	眼振があると視覚情報が乱れる、病型により深部感覚障害を伴う
歩行	動揺性で不安定、wide base、肩甲骨～上肢、下肢の過緊張、不適切な歩行パターン

- 理学療法のポイント**
- ・ 重心動揺要素の減少、静的・動的安定性限界の拡大、重心位置の適正化
 - ・ タイミングを中心とした動作学習
 - ・ 筋力増強
 - ・ 過剰な緊張の軽減と運動の再学習
 - ・ 適切な運動感覚入力とその学習（準静的動作の利用）
 - ・ 安定してできる動作や動作環境の指導（歩行補助具、手すり、家屋環境調整）
 - ・ 自律神経症状への対応（SCDなど、特に起立性低血圧）

パーキンソン病患者のバランス障害の特徴と理学療法のポイント

<パーキンソン病の基本的な機能障害>

神経系の問題 <ul style="list-style-type: none"> 動作緩慢、運動範囲狭小化 運動開始、切り替え困難 筋緊張の異常（固縮） 姿勢反射障害 感覚運動統合障害、 二動作同時遂行の困難 	運動器系の問題 <ul style="list-style-type: none"> 前屈姿勢などの姿勢の異常 ROM制限、変形 筋力低下、筋パワーの低下 関節の固さ 疼痛
--	--

<バランス障害の特徴>

生体力学的制約	ROM制限、筋力低下、前屈姿勢、側弯
安定性限界と垂直性	安定性限界の狭小化、身体イメージの解離
予測的姿勢調節	著明に低下（動作範囲の減少、運動速度の低下）
姿勢反応	著明に低下（動作範囲の減少、運動速度の低下）
感覚指向性	視覚優位、感覚運動統合の障害
歩行	小刻み歩行、加速歩行、すくみ足、方向転換時の動作の停止や不安定性

<理学療法のポイント>

<ul style="list-style-type: none"> 関節可動域（伸展・回旋方向、副運動）、筋力の改善（抗重力伸展筋）、姿勢の改善 安定性限界の拡大と大きな運動の促進 分節的な運動の促進 体性感覚、視覚を利用した運動のフィードバック 予測と結果のマッチング（身体イメージの再獲得）

脳卒中のバランス障害と理学療法のポイント

神経系の問題 <ul style="list-style-type: none"> 運動麻痺による筋出力の低下 筋緊張の異常（痙縮） 感覚障害 空間認知障害 失行 	運動器系の問題 <ul style="list-style-type: none"> 廃用性による筋力低下 筋の短縮、粘弾性の変化、ROM制限 変形 疼痛
---	--

バランス障害の特徴

- 麻痺側への安定性限界の狭小化
- 足部からの力の伝達（足部・膝・股）
- 感覚入力低下
- 身体イメージの歪み
- 細かいバランス調整力の低下

生体力学的制約

筋出力↓、ROM↓、足部変形	
安定性限界と垂直性	安定性限界↓、身体イメージ↓
予測的姿勢調節	麻痺側優位に↓
姿勢反応	麻痺側優位に↓
感覚指向性	麻痺側体性感覚↓、意識障害
歩行	非麻痺側優位の定型的歩行

理学療法のポイント

- 麻痺側方向への安定性限界の拡大
- 足部からのアライメント調整（足部からの荷重感覚）
- 異常な筋緊張を配慮した中での運動の促進
- 正常（適切な）感覚入力

シンポジウム I

中枢神経疾患患者の症例検討

「バランスに焦点を当てた

理学療法評価とその解釈」

シンポジスト 藤野 雄次 先生（埼玉医大国際医療センター）

阿部 紀之 先生（袖ヶ浦さつき台病院）

大沼 亮 先生（介護老人保健施設ケアタウン ゆうゆう）

司会 松田 雅弘 先生（城西国際大学）

北山 哲也 先生（山梨リハビリテーション病院）

Pusher現象とは？

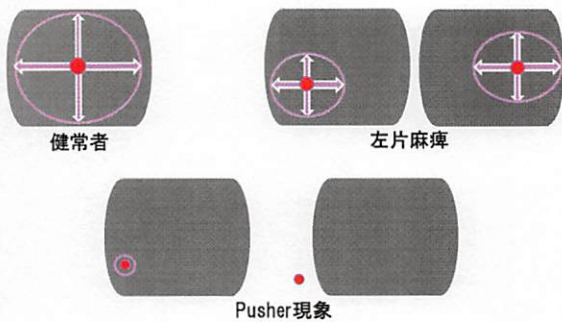
バランスに焦点をあてた理学療法評価とその解釈 Pusher現象について

埼玉医科大学国際医療センター
藤野雄次



- 非麻痺側肢で自ら押す
- 姿勢の矯正に抵抗する
- 麻痺側への傾倒に無自覚
- 非麻痺側への転倒恐怖感

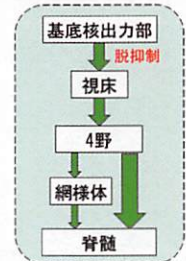
Pusher現象のバランス



Pusher現象例の圧中心は麻痺側に大きく偏倚
能動的な姿勢制御は困難

Pusher現象と運動制御機構

姿勢制御プログラム → 随意運動実行プログラム
随意運動を行う前に、その運動を行うために最適な姿勢を準備する
姿勢の準備が整った後に、随意運動が行われる



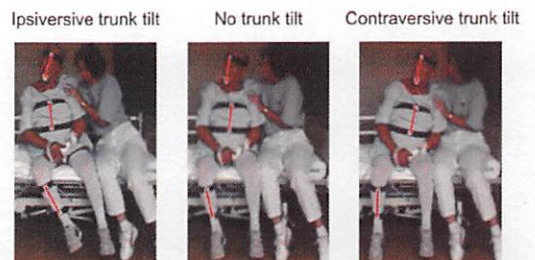
Pusher現象による陽性徴候は
予測的・反応的姿勢調節を阻害？

Pusher現象の評価

- Leg Orientation
- Scale for Contraversive Pushing (SCP)
- Pusher重症度分類
- Burke Lateropulsion Scale (BLS)

臨床的評価方法

➢ Leg Orientation



非麻痺側へ姿勢を矯正すると
非麻痺側股関節を外旋させ、下腿は内方に移動する反応

Pusher現象の評価

Scale for Contraversive Pushing

Karnath, et al : NEUROLOGY(2000);55:1298-1304から引用

姿勢(自然姿勢の対称性) 1: 強い患側傾斜+転倒
0.75: 強い患側傾斜
0.25: 弱い患側傾斜
0: 正中位

伸展(接地している上下肢) 1: 安静時から既に姿勢変化に伴う *1
0.5: 姿勢変化に伴う *1
0: 伸展しない

抵抗(正中位矯正に対して) 1: 抵抗あり *2
0: なし

*1. 座位では非麻痺側へのいざり動作または移乗時に押してしまう場合に、立位では歩行時に押してしまう場合に0.5点と評価する
*2. 姿勢を矯正する際には「これからあなたの姿勢を動かしますので、この動きに身を任せてください」と声をかける

- 各下位項目 (A, B, C) > 0 の場合 (合計 ≥ 1.75) に Pusher 現象陽性
- 最重症は6点

Pusher現象とバランス

非麻痺側の陽性徴候 ←————→ 麻痺側の機能低下

運動麻痺

低緊張

感覚障害

症候学的な解釈に留まらず、リーズニングすることが大切

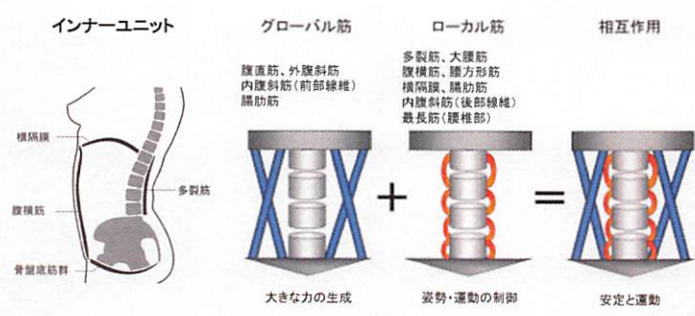
バランスを紐解く評価・分析

- 押す現象の評価
 - SCP Pusher重症度分類 BLS Leg orientation **押し方の特徴**
- 内省の評価
 - 自覚の有無 恐怖感 垂直知覚
- 高次脳機能障害
 - USN 注意障害 病態失認 意識障害 etc...
- 脳画像との対比
 - 脳損傷部位 白質病変 脳萎縮 陳旧性病変
- 姿勢と動作の評価
 - 姿勢, 動作分析 姿勢応答 筋緊張(頸部, 体幹)

バランスを紐解く評価・分析

- 押し方の特徴をみる
 - 常に押している
 - 姿勢変換時に押す など
- 姿勢応答をみる
 - 麻痺側に傾けた際の前麻痺側上肢の反応
 - 前方/後方に傾けた際の前麻痺側上下肢の反応
- 姿勢(動作, 筋緊張)をみる
 - 上肢帯・胸椎のアライメント(前顔面)
 - 脊柱-骨盤のアライメント(矢状面) など

体幹の安定と運動



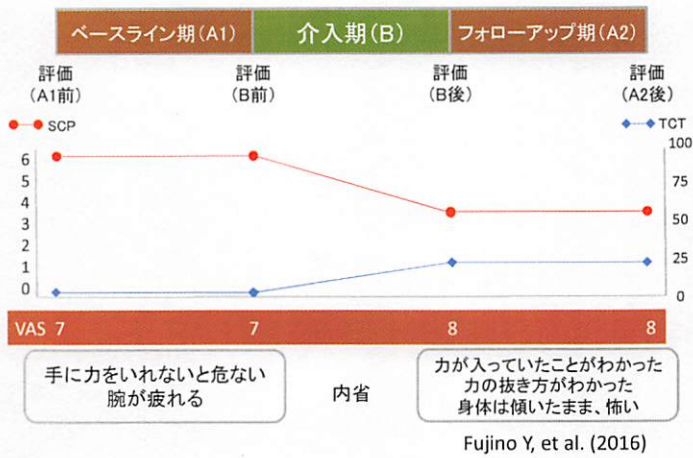
腹腔内圧の上昇
APAに関わるローカル筋が作用するための基盤

腹臥位療法

ベースライン期 (A1)	介入期 (B)	フォローアップ期 (A2)
通常のPT	通常のPT + 腹臥位10分	通常のPT
評価 (A1前) 2日間	評価 (B前) 2日間	評価 (B後) 2日間
評価 (A2後)		

Fujino Y, et al. (2016)

腹臥位療法



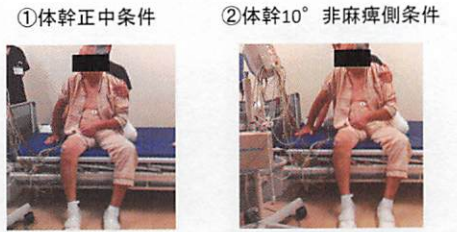
筋電図学的分析

被験筋



サンプリング周波数
Hi-Cut 3kHz
Lo-Cut 20Hz

測定条件



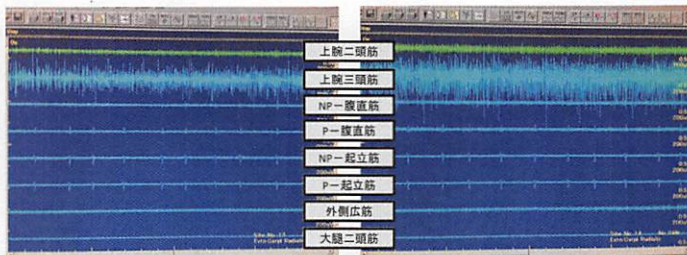
① 体幹正中条件 ② 体幹10° 非麻痺側条件
大腿外側15cmに手を接地 大腿外側30cmに手を接地

筋電図学的分析

Case (SCP = 6 points)

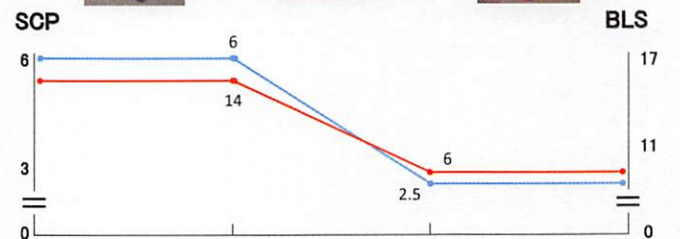
体幹正中条件

非麻痺側条件



上腕二頭筋に対する低周波治療

ベースライン期 (A1) 介入期 (B) フォローアップ期 (A2)



Fujino Y, et al. (In Preparation)

おわりに

- Pusher現象は病態ははまだ未解明
- 症候学的な解釈に留まらず、
運動学・解剖学・神経学的側面から分析する
- 非麻痺側の陽性徴候と、
麻痺側の機能障害の双方を評価・治療する

本日の内容

バランスに焦点を当てた理学療法評価とその解釈

Balance Evaluation Systems Test (BESTest) を中心に

袖ヶ浦さつき台病院 リハビリテーション部
千葉大学大学院 医学薬学府 医科学専攻



阿部 紀之

Mail : n_aloe1021@hotmail.co.jp



What's BESTest ??

BESTestを用いた研究の到達点

症例紹介

Balance Evaluation Systems Test (BESTest)



6つのセクション
36個の動作課題
0-3点の合計108点

FB Horak et al, Phys Ther. 2009

システム理論に基づいて考案された評価法
バランス障害に対する治療介入方針を明確化

BESTestはすべての姿勢制御に関する要素を有する
唯一の評価指標である



Archives of Physical Medicine and Rehabilitation

Journal homepage: www.archives-pmr.org

Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2015;96:122-32



REVIEW ARTICLE (META-ANALYSES)

Using the Systems Framework for Postural Control to Analyze the Components of Balance Evaluated in Standardized Balance Measures: A Scoping Review



Kathryn M. Sibley, PhD,^{a,b} Marla K. Beauchamp, PhD, PT,^c Karen Van Ooteghem, PhD,^d Sharon E. Straus, MD, MSc,^{e,f} Susan B. Jaglal, PhD^{a,b}

From the ^aToronto Rehabilitation Institute-University Health Network, Toronto, Ontario, Canada; ^bDepartment of Physical Therapy, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada; ^cDepartment of Physical Medicine and Rehabilitation, Spaulding Outpatient Center, Harvard Medical School, Boston, MA; ^dDepartment of Kinesiology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada; ^eLi-Ka-Shing Knowledge Institute, St Michael's Hospital, Toronto, Ontario, Canada; and ^fFaculty of Medicine, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada.

BESTestはすべての姿勢制御に関する要素を有する
唯一の評価指標である

Table 2 Components of balance evaluated by standardized measures

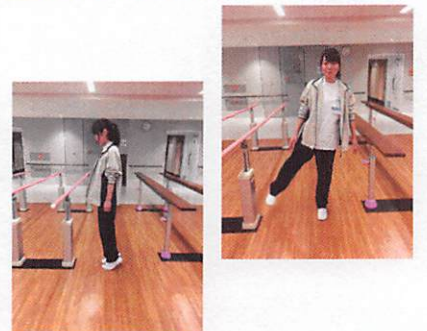
Measure	Static Stability	Underlying Motor Systems	Functional Stability Limits	Reactive Postural Control			Anticipatory Postural Control	Dynamic Stability	Sensory Integration	Cognitive Influences	Other Constructs not Included in Systems Framework
				Vertically	Control	Control					
Activity-based Balance Level Evaluation (ABLE) Scale ²⁷	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Sitting balance
Advanced Balance and Mobility Scale (ABMS) ²⁸	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Balance Computerized Adaptive Testing (CAT) system ²⁹	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	Supine to sitting, and sitting
Hierarchical Balance Short Forms (HBSF) ³⁰	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	Sitting balance
Balance Error Scoring System (BESS) ³¹	Yes	Yes	No	No	No	No	No	Yes	No	No	
Modified Balance Error Scoring System (M-BESS) ³¹	Yes	Yes	No	No	No	NO	NO	No	Yes	No	
BESTest ³²	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Brief Balance Evaluation Systems Test (Brief BESTest) ³²	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
Mini Balance Evaluation Systems Test (Mini BESTest) ³²	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Balance Outcome Measure for Elder Rehabilitation (BOMER) ³³	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
Balance Screening Tool (BST) ³⁴	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
BDL Balance Scale ³⁵	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Berg Balance Scale (BBS) ³⁶	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Sitting balance
Short Form of the Berg Balance Scale (SFBBS) ³⁷	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
Short Berg Balance Scale ³⁸	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	

I 生体力学的制約

股関節・足関節の弱化、姿勢アライメントの調節
Parkinson diseaseやフレイルで弱化しやすい

<Components>

- ・支持基底面
- ・体重心のアライメント
- ・足関節の筋力と可動域
- ・股関節/体幹側方筋力
- ・床での座り立ち



Horak et al, Phys Ther. 2009 望月久, 理学療法 湖都. 2014

II 安定限界

感覚障害、頭頂葉領域のCVAにより
姿勢アライメント調節や身体傾斜が不安定になる

<Components>

- ・垂直座位と側方傾斜
- ・ファンクショナルリーチ（前方・側方）



Horak et al, Phys Ther. 2009 望月久, 理学療法 湖都. 2014

III 姿勢変化-予測的姿勢制御

補足運動野・基底核・脳幹の相互作用
step initiation / rapid arm movementsで不安定になる

<Components>

- ・座位からの立ち上がり
- ・つま先立ち
- ・片脚立位
- ・交互の段差ステップ
- ・立位での上肢挙上



Horak et al, Phys Ther. 2009 望月久, 理学療法 湖都. 2014

IV 反応的姿勢制御

遅延：ニューロパチーや重症筋無力症
反応減弱：Parkinson disease
過剰反応：Ataxia

<Components>

- ・定位置での反応（前後）
- ・バランスを補償するためのステップ修正（前後左右）



Horak et al, Phys Ther. 2009 望月久, 理学療法 湖都. 2014

V 感覚機能

前庭系・感覚統合領域のpathwayの欠落

<Components>

- ・バランスのための感覚統合
- ・傾斜（閉眼）



Horak et al, Phys Ther. 2009 望月久, 理学療法 湖都. 2014

VI 歩行安定性

脊髄性のLocomotorと脳幹の姿勢感覚運動プログラム
二重課題

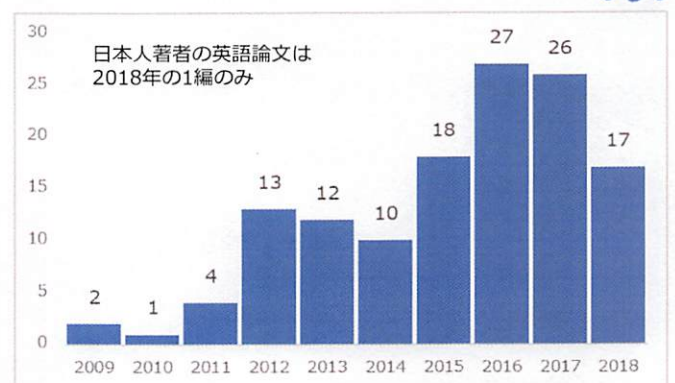
<Components>

- ・平面歩行
- ・歩行速度の変化
- ・歩行中の頭部回旋（水平面）
- ・歩行でのピボットターン
- ・障害物またぎ
- ・TUG
- ・TUG with Dual Task



Horak et al, Phys Ther. 2009 望月久, 理学療法 湖都. 2014

徐々に増えつつあるが…



PubMedに掲載されているBESTest 論文数(2018/11/10アクセス)

先行研究

転倒予測

加藤ら, 2014
地域在住中高年者183名

セクションIII (APAs) は転倒群で有意に低値

歩行自立判定

回復期患者 (CVA・骨折・廃用) 69名
歩行見守り～自立者
Cut off: **72.0%** AUC: 0.899
感度: 87.9% 特異度: 88.9%

長谷川ら, 2017

転倒予測

回復期患者 (CVA・骨折) 57名
歩行見守り～自立者
Cut off: **71.3%** AUC: 0.702
感度: 80.9% 特異度: 60.0%

宮田ら, 2016

要素間の関連

セクションI・VとFAC・MWS・TUGに中等度の有意相関あり

宮田ら, 2017

症例報告

小脳梗塞1例に対してBESTTestを用いた評価、介入

宮田ら, 2012

BESTTestのLimitation

FB Horak et al, Phys Ther. 2009

- ・ 認知面を見ている評価が1つ(TUG with Dual Task)しかない
- ・ 要素間の関連は不明
- ・ I・IIの信頼性が低い
- ・ 評価時間が長い → Mini-BESTTest、Brief-BESTTest

介入に対する感度は不明

バランス障害が1つとは限らず、代償・経験・モチベーションにも依存する

➡ バランス障害に対する評価 → 介入の難しさ

自験例

回復期脳卒中患者14名(脳梗塞6名、脳出血6名、その他2名)
天井効果を補正した値 (BESTTest effectiveness) ref) Koh GCH et al, BMJ Open.2013
(退院時BESTTest score - 入院時BESTTest score)
(A - 入院時BESTTest score) A: 各項目の最高得点

BESTTestの評価結果に基づいた Task specific exercise

Wilcoxonの符号付き順位検定 * : p<0.001

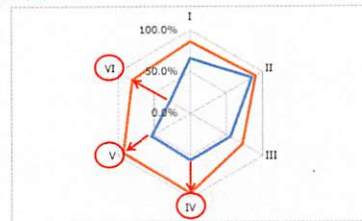
exerciseの一例	I	II	III	IV	V	VI
ROM-ex ・抗重力筋力増強ex	重心移動ex ・リーチex	棒体操 ・重錘負荷による四肢筋力増強ex	ステップex	・バランスマット上の立位保持ex	・歩行速度変化 ・Stop and go	

	筋力(麻痺側) (kgf)	筋力(非麻痺側) (kgf)	FAC*	CWS*	MWS*	FIM-M*
入院時	13.8	17.9	3.1	0.63	1.00	63.6
退院時	17.9	22.2	4.7	0.96	1.23	85.2

Wilcoxonの符号付き順位検定 * : p<0.05

80歳代女性 脳梗塞(左放線冠)

- ・ 反動的姿勢制御能力の向上から、歩行安定性の向上へ
- ・ stop and go課題などを中心に実施

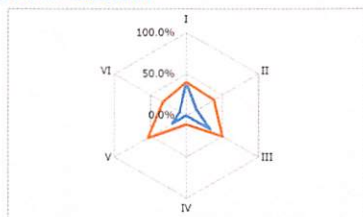
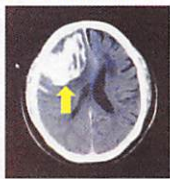


運動麻痺	BRS	膝伸張筋力		筋緊張	深部腱反射	感覚	歩行能力		ADL	バランス
		麻痺側 / 非麻痺側 (kgf)	mAS(GC / Ham)				FAC	CWS / MWS (m/s)		
入院時	V-V-V	14.1 / 23.9	1+ / 0	++ / ++	Normal	3	0.53 / 0.75	57	57.4	
退院時	VI-VI-VI	16.5 / 26.4	1 / 0	++ / ++	Normal	5	0.88 / 1.06	84	86.1	

第28病日: 当院回復期入院 第71病日: 自宅退院

70歳代男性 脳出血(右前頭葉皮質下)

- ・ 複雑な課題ではなく、歩行練習を中心に実施
- ・ なるべく単純課題を多めに取り入れ、活動量UP



運動麻痺	BRS	膝伸張筋力		筋緊張	深部腱反射	感覚	歩行能力		ADL	バランス
		麻痺側 / 非麻痺側 (kgf)	mAS(GC / Ham)				FAC	CWS / MWS (m/s)		
入院時	V-V-V	8.4 / 9.2	0 / 1+	++ / ±	精査困難	2	0.43 / 0.45	29	18.5	
退院時	VI-VI-VI	16.0 / 21.7	0 / 0	++ / +	精査困難	4	1.11 / 1.24	84	37.0	

第45病日: 当院回復期入院 第113病日: 自宅退院

評価結果を「見える化」する

結果と介入内容の決定を患者とともに共有する

評価結果のスコア化と各要素の説明(簡単に)

レーダーチャートで視覚的に見える化する

評価結果を基に推奨される練習内容の提示

Take Home Message



- 1** バランス障害の質を評価するためには、その構成要素を押さえて障害部位を見極めていく必要がある
- 2** BESTestは評価→解釈→介入へと論理的につなげやすい特徴がある
- 3** 今後は重症例の評価の妥当性の検証や、評価結果の見える化を通して、患者へのフィードバック資料としての活用が望まれる



日本神経理学療法学会
サテライトカンファレンスin東京



「中枢神経疾患患者における
予測的姿勢制御の評価とその解釈」
～脳卒中片麻痺患者の運動学的解析を中心に～

医療法人名主会 介護老人保健施設ケアタウンゆうゆう
東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科
大沼 亮

内容

- I. バランス機能と予測的機構
- II. 歩行・ステップ動作の予測的姿勢制御
- III. 症例紹介 運動学的評価とその解釈
- IV. 臨床でみるべき評価のポイント

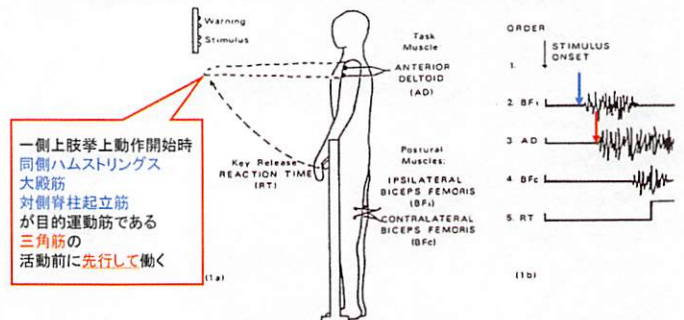
システム理論とは



Shumway-Cook A, Woollacott MH: motor control. 2012より引用

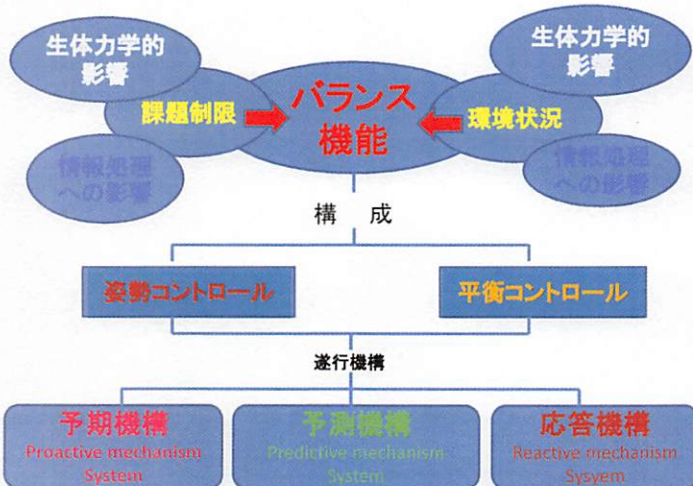
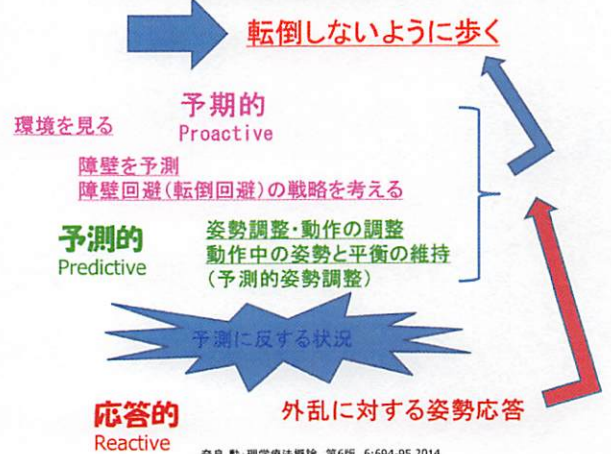
予測的姿勢制御(APAs)とは

意図的運動に先行する姿勢調整として定義されている予測的姿勢制御 (anticipatory postural adjustments: 以下, APAs) が転倒予防の観点から重要. (Belen'kii1967, Sorai2014, Sheena Sharma2015)



Lee AW: Anticipatory control of postural and task muscles during rapid arm flexion. J Motor Behavior 12:185-195,1980

予測的姿勢制御とバランス



機能的バランス(課題指向性)の決定因子(Huxham,2001)

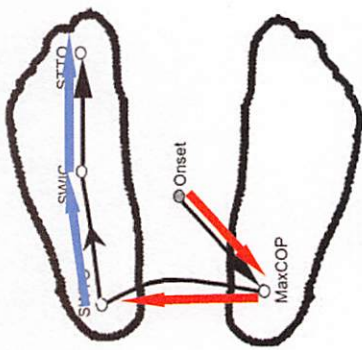
臨床で行われているバランス評価

- 立位保持(重心動揺計測、片脚立ち時間計測): 予測機構
- ファンクショナル・リーチ: 予測機構
- バーグ・バランス・スケール(テスト): 予測機構・予期機構(物を拾う)
- 立って歩けテスト(TUG): 予期的・予測機構
- 10m歩行計測: 予測機構
- 8の字歩行: 予期的・予測機構
- ストレス・テスト(徒手外乱): 応答機構
- 椅子からの立ち上がり(回数・時間): 予測機構
- 背臥位からの立ち上がり(運動パターン・時間): 予測機構(予期的)

歩行開始におけるAPAs



ステップ動作と予測的姿勢制御

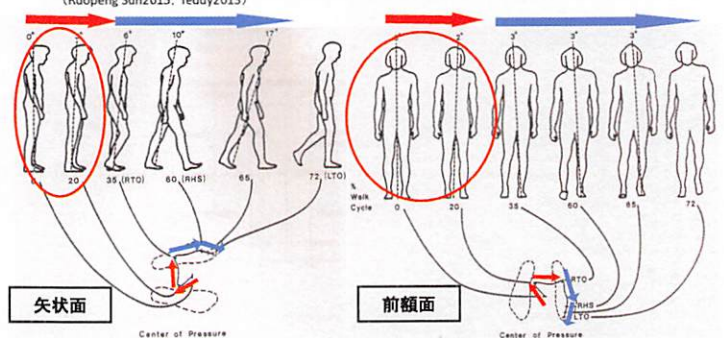


- Onset~MaxCOP~SWTO
これらをAPA相と定義
- SWTO~SWIC~STTO
これらをstepping相と定義

Ruopeng Sun. The posterior shift anticipatory postural adjustment in choice reaction step initiation. 2015.3

ステップ動作の運動過程

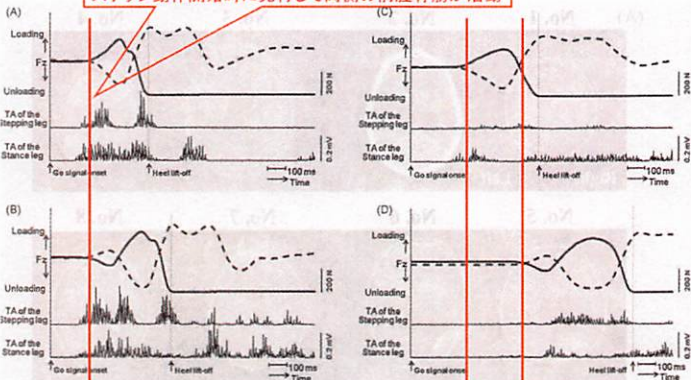
ステップ動作過程において動作開始時の体重移動が重要であり、それらの相をAPAsと定義されている。



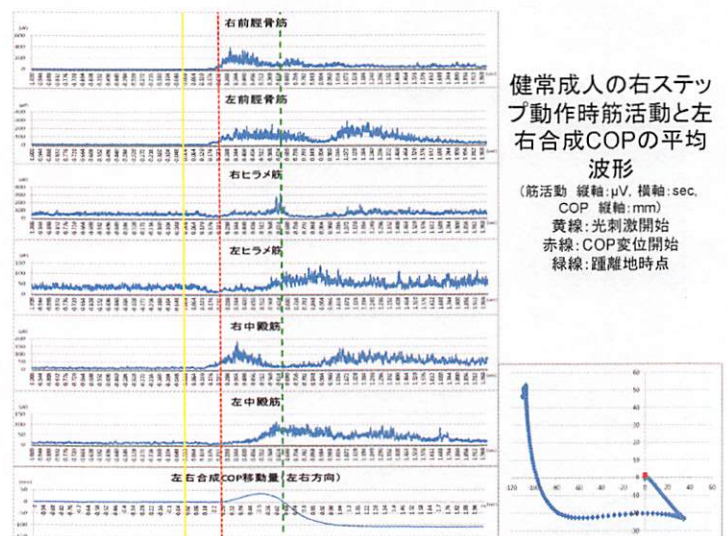
BY ROGER A et al. The Initiation of Gait. The Journal of Bone and Surgery 2:232-238, 1979

ステップ動作と筋活動

ステップ動作開始時に先行して両側の前脛骨筋が活動

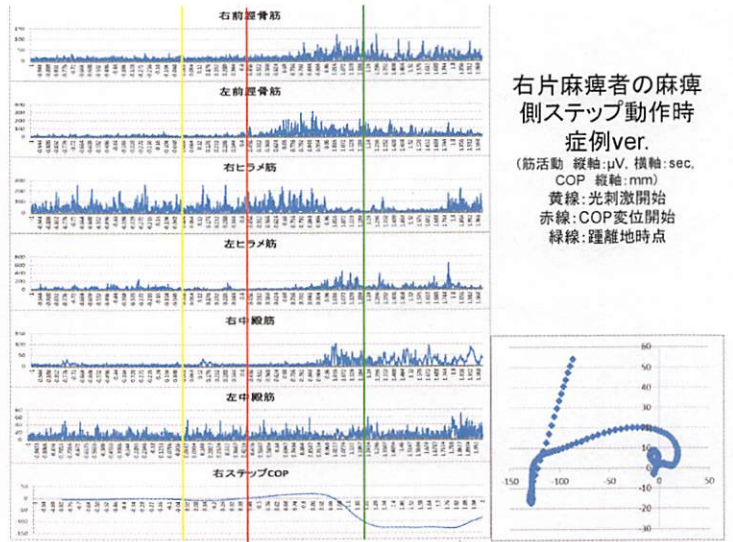


Wen-Hsing Chang Pei-Fang Tang. Role of the premotor cortex in leg selection and anticipatory postural adjustments associated with a rapid stepping task in patients with stroke; Gait & Posture.32,(2010)487-493



健康成人の右ステップ動作時筋活動と左右合成COPの平均波形
(筋活動 縦軸: μV, 横軸: sec, COP 縦軸: mm)
黄線: 光刺激開始
赤線: COP変位開始
緑線: 踵離地時点

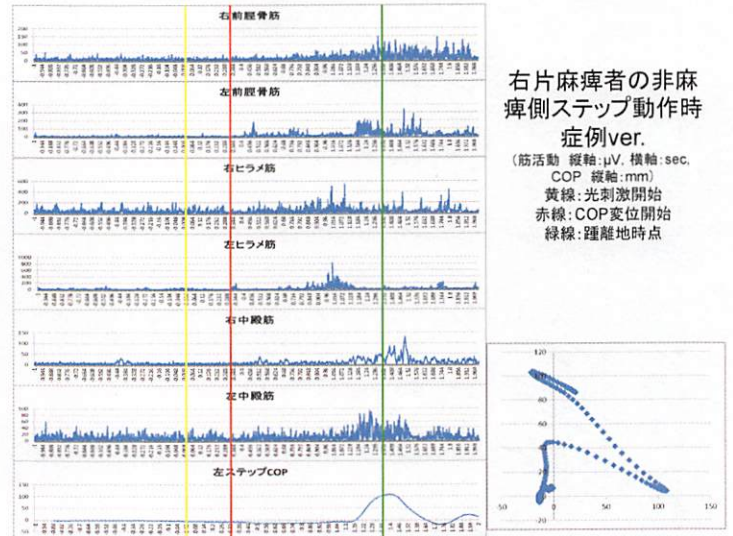
症例動画(麻痺側先行肢)



右片麻痺者の麻痺側ステップ動作時症例ver.

(筋活動 縦軸:μV, 横軸:sec, COP 縦軸:mm)
黄線:光刺激開始
赤線:COP変位開始
緑線:踵離地時点

症例動画(非麻痺側先行肢)



右片麻痺者の非麻痺側ステップ動作時症例ver.

(筋活動 縦軸:μV, 横軸:sec, COP 縦軸:mm)
黄線:光刺激開始
赤線:COP変位開始
緑線:踵離地時点

脳卒中者 筋活動の潜時とCOP

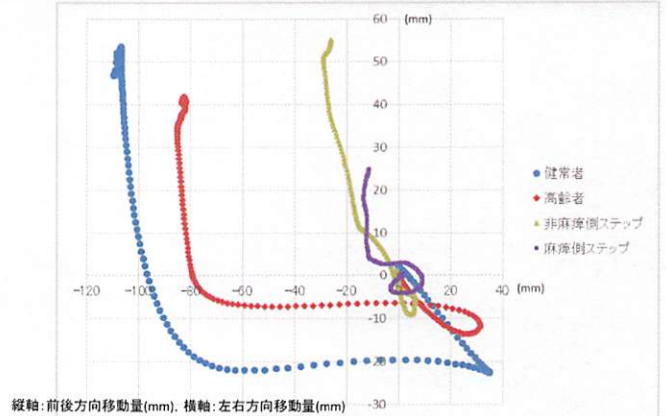
表2. 各群における筋活動の潜時・COP移動量の比較

	健常成人群	健常高齢者群	脳卒中者群
筋活動の潜時 (sec)	0.176±0.022	0.243±0.058	0.370±0.168**†
COP移動量(mm)			
前後	38.8±31.9	17.4±8.6*	7.6±7.5**
左右	41.3±8.9	34.9±12.1	20.5±16.4*†
踵離地時点 (sec)	0.776±0.113	0.961±0.122	1.437±0.350*

各群内導出筋6筋の筋活動の潜時と前後左右方向のCOP移動量(mm)を各群間で比較した。多重比較検定の結果。mean±SD。(vs健常成人群 ** $p<0.01$, * $p<0.05$) (vs健常高齢者群 † $p<0.05$)。

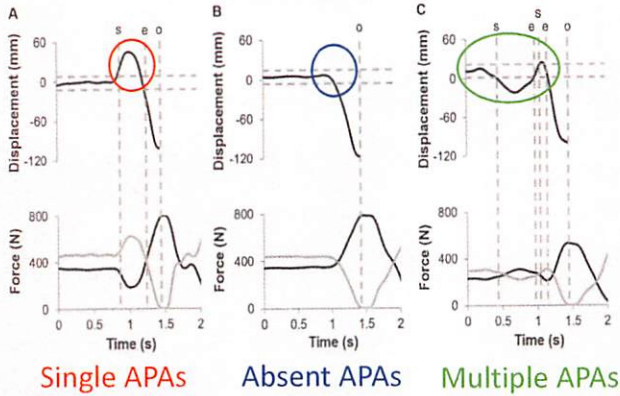
大沼ら: 脳卒中者におけるステップ動作開始時の運動学的解析, 理学療法科学2017

右ステップ動作時の各群COP軌跡



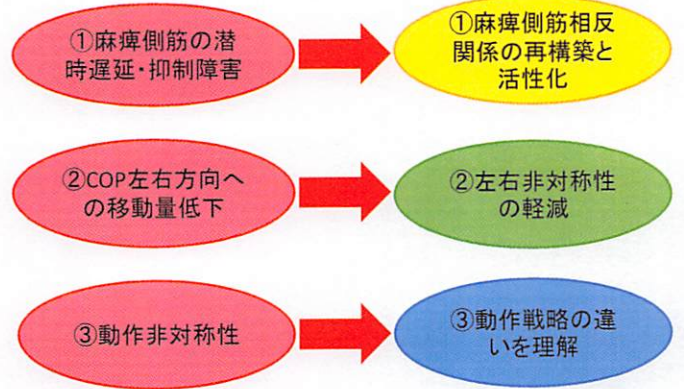
縦軸: 前後方向移動量(mm), 横軸: 左右方向移動量(mm)
大沼ら: 脳卒中者におけるステップ動作開始時の運動学的解析, 理学療法科学2017

Atypical APAs



Rajachandrakumar R, Fraser JE, et al.; Atypical anticipatory postural adjustments during gait initiation among individuals with sub-acute stroke. Gait Posture. 2017 Feb;52:325-331.

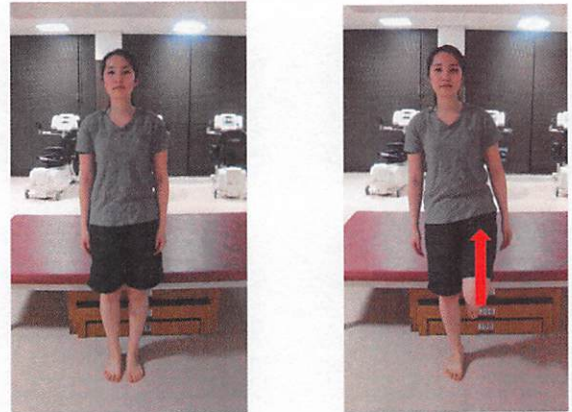
脳卒中者APAsの特異性とその対応



APAs評価

- ①片脚立位
→ 重心移動は十分か、骨盤は移動しすぎてないか、体幹側屈してないか
左右方向へのAPAs評価
 - ②つま先立ち
→ 重心移動しすぎてないか(拮抗筋制御)、体幹過伸展してないか(体幹筋緊張)
前後方向へのAPAs評価
 - ③両上肢挙上
→ 重心を踵に移動できているか、体幹・上肢の姿勢的な変化はどうか、左右差はどうか
垂直方向へのAPAs評価
 - ④ステップ動作
→ 上記評価における安定性と推進性の確保が出来るか確認、上部下部体幹の相対的な回旋運動はどうか
水平方向・動的なAPAs評価
- 抗重力性の阻害箇所・重心移動と形、筋活動のタイミングを質的評価し、クリニカルリソースニングする

①片脚立位(左右APAs)



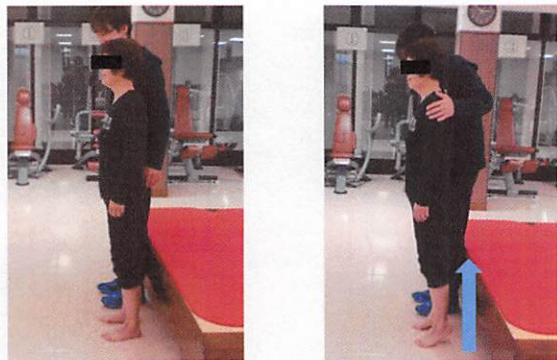
脳卒中者(右片麻痺)



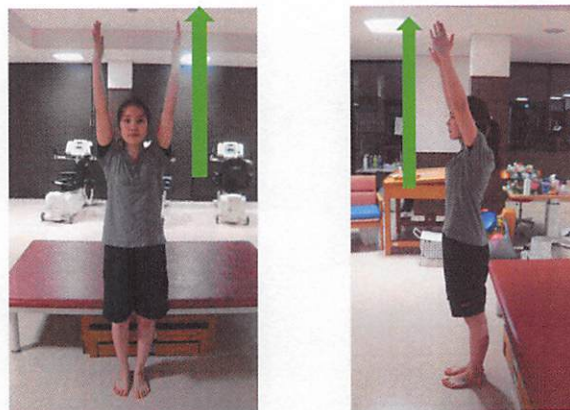
②つま先立ち(前後APAs)



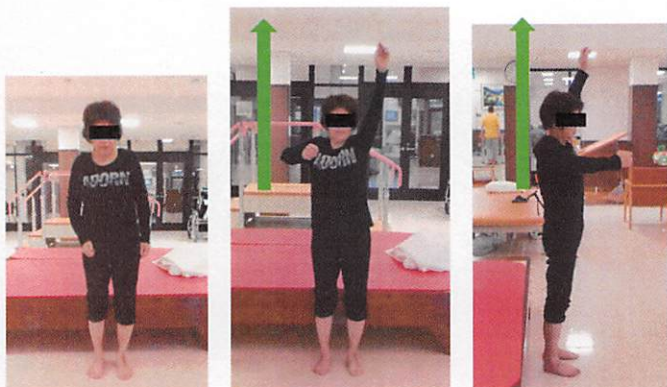
脳卒中者(右片麻痺)



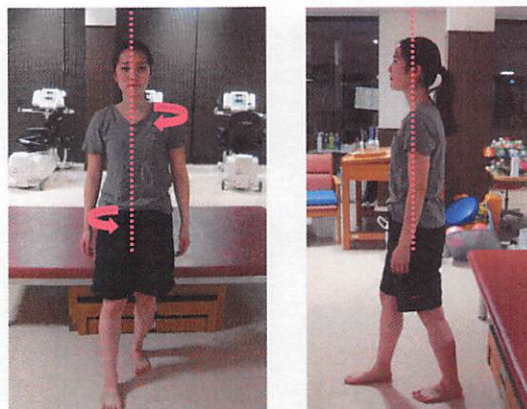
③両上肢挙上(垂直APAs)



脳卒中者(右片麻痺)



④ステップ動作(水平APAs)



脳卒中者(右片麻痺)



評価と解釈 まとめ

- バランス評価において適切な項目を用い、原因となる要因を導いていく
- 予測的姿勢制御においては形を整える・重心移動と筋活動のタイミングを整えることが重要と考える
- 予測的姿勢制御の評価においては推進力と安定性が確保されているかを質的にみていく事が大事
- それらは実際のバランス評価の最中に出来る事

シンポジウムⅡ

中枢神経疾患患者の症例検討

「バランスに焦点を当てた

理学療法とその解釈」

シンポジスト 福富 利之 先生（リハビリテーション花の舎病院）

万治 淳史 先生（埼玉みさと総合リハビリテーション病院）

板東 杏太 先生（国立精神・神経医療研究センター）

司会 諸橋 勇 先生（いわてリハビリテーションセンター）

バランス : Balance

「バランスに焦点を当てた理学療法とその解釈」

医療法人社団友志会 リハビリテーション部
 リハビリテーション花の舎病院
 理学療法士 福富利之

- バランスとは、釣り合いを意味することば
- ヒトが重力に抗して身体を支え、日常活動（歩行や上肢の使用）、また芸術活動やスポーツなどあらゆる課題、環境に対して目的的に身体を動かしていく（適応していく）ための基礎となる能力

例) 安定した立位とは...

- ぐらつかない状態 (Steady state)
- 予測的な活動が可能 (Proactive)
- 反応的な活動が可能 (Reactive)

Standing Balance

Steady state

- BOS に関してCOMをコントロールする
- 呼吸・眼の動きなどではSwayしている

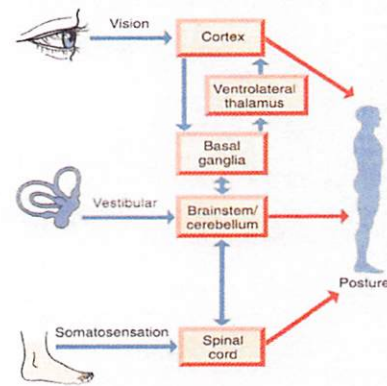
Proactive balance

- 運動時に不安定を避けるための筋活動の事前準備
- APA's (先行随伴性姿勢調節)

Reactive balance

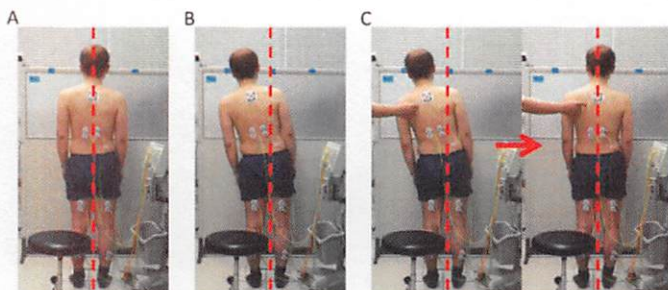
- 予期しない外乱・動揺から回復する能力
- 立ち直り反応、保護反応

姿勢制御に影響する感覚

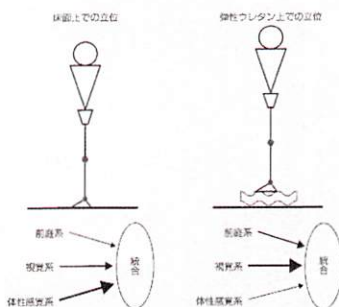


Lundy-Ekman Neuroscience 4th ed.: pp254(2012)

平衡感覚阻害時の姿勢変化

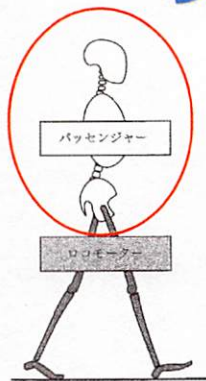


「感覚情報の重みづけ」の状況変化



高位中枢（以下、CNS）は常に状況に応じて全ての感覚を統合し、各感覚の再重み付け（Sensory Reweighting）をする必要がある

歩行時の身体区分



- ・ パッセンジャーユニット (乗客)**
 部位：頭部・頸部・体幹・両上肢・骨盤
 機能：姿勢保持にのみ責任を持つ
- ・ ロコモーターユニット (機関車)**
 部位：骨盤・両下肢
 機能：①推進力 ②直立位の安定性
 ③衝撃吸収 ④エネルギーの温存

Kirsten Götz-Neumann : 観察による歩行分析 医学書院 2006

文献検索：立位バランス

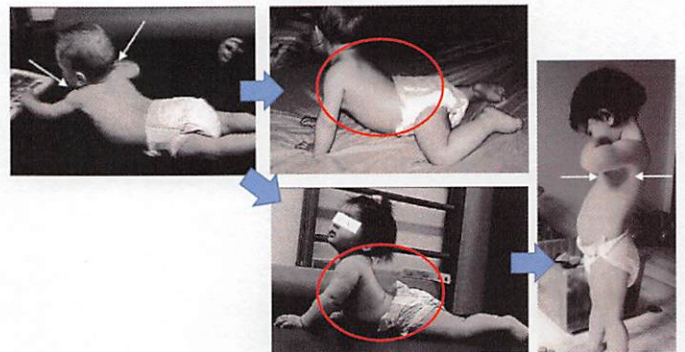
PubMed	検索項目	検索結果	CiNii	検索項目	検索結果
	Standing balance	12,323		立位バランス	934
	+ trunk	1,535		+ 上肢	167
	+ upper limb	636		+ 上肢機能	9
	+ arm	496		+ 肩甲骨	14
	+ shoulder	312		+ 肩甲帯	8
	+ scapular	15		+ 口腔	3

検査日：2018年11月17日

なぜ麻痺側上肢・手の回復は難しい？

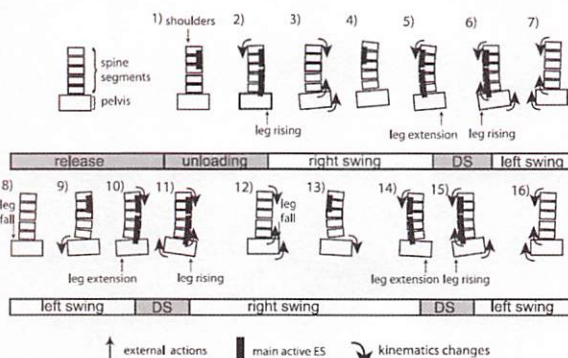
- 感覚情報が失われ、統合が減少し、身体図式に問題が起こる（皮質対応部位の減少）？
- 感情表現とコミュニケーションの減少（パーセプション・立体認知の減少）？
- feedforward姿勢制御の喪失？（体幹の前傾で代償）
- 非麻痺側上肢の代償戦略を使用した早期離床の重視は、生活場面にて麻痺側上肢の参加を妨げやすい（不使用の学習）？
- 手を機能的に使用するモチベーションの減少？
- 上肢・手の長さや強さの減少（非神経原性）？

発達段階から代償機構を用いて直立姿勢を保つ



Gogola, A., et al. "Development of low postural tone compensatory patterns in children-theoretical basis." *Developmental period medicine* 18.3 (2014): 374-379.

歩行開始時と歩行中の体幹の活動



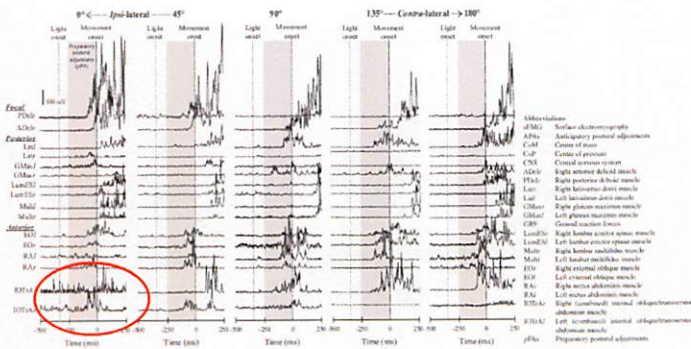
Ceccato, Jean-Charles, et al. "Comparison of trunk activity during gait initiation and walking in humans." *PLoS One* 4.12 (2009): e8193.

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

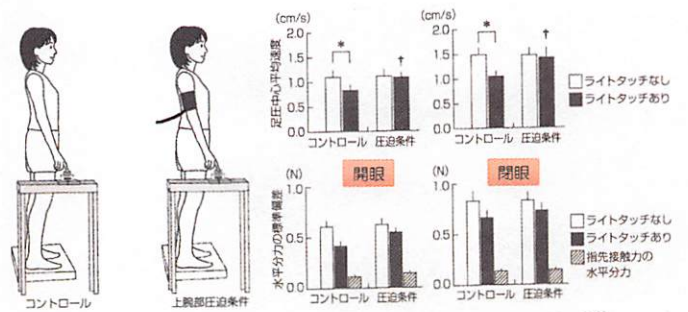
Ceccato, Jean-Charles, et al. "Comparison of trunk activity during gait initiation and walking in humans." *PLoS One* 4.12 (2009): e8193.

リーチの方向により異なる筋活動



Stamenkovic, Alexander, and Paul J. Stapley. "Trunk muscles contribute as functional groups to directionality of reaching during stance." *Experimental brain research* 234.4 (2016): 1119-1132.

ライトタッチ効果



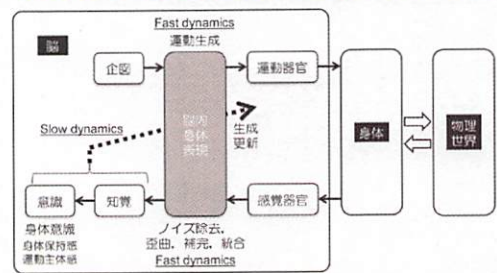
大築立志 他 編著：姿勢の脳・神経科学，市村出版 2011 -

脳内身体表現（身体表象）

- ヒトは脳内に自己の身体を表象（脳内身体表現）を有している
- 運動主体感**（自己の身体運動の主体が自分であるという感覚）や**身体保持感**（自己の身体が自分のものであるという感覚）などの知覚（**身体意識と呼ぶ**）は、感覚器から得られる感覚情報がこの脳内身体表現に修飾され得られる
- この脳内身体表現は、知覚運動経験に基づき、生成・更新され変容する

浅間 一 他：身体意識に基づく脳内身体表現の生成・更新ダイナミクスのモデル化とそのリハビリ応用。計測と制御 56.3 (2017): 175-180.

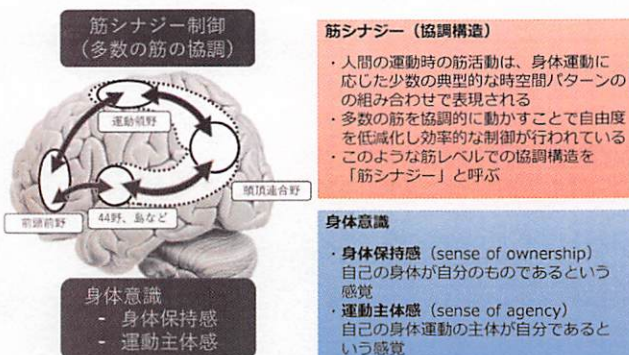
身体意識に基づく脳内身体表現変容のモデル



加齢や病気によって身体や脳の機能が変化すると、実際の身体と脳内の身体表現の不一致が生じ、それが正常な知覚機能、適応的運動生成・行動機能を喪失する一つの要因となっていると考えられる

浅間 一 他：身体意識に基づく脳内身体表現の生成・更新ダイナミクスのモデル化とそのリハビリ応用。計測と制御 56.3 (2017): 175-180.

身体認知と運動制御



筋シナジー制御
(多数の筋の協調)

筋シナジー（協調構造）

- 人間の運動時の筋活動は、身体運動に応じた少数の典型的な時空間パターンの組み合わせで表現される
- 多数の筋を協調的に動かすことで自由度を低減し効率的な制御が行われている
- このような筋レベルでの協調構造を「筋シナジー」と呼ぶ

身体意識

- 身体保持感** (sense of ownership) 自己の身体が自分のものであるという感覚
- 運動主体感** (sense of agency) 自己の身体運動の主体が自分であるという感覚

太田順：身体性システム科学が目指すもの。計測と制御 56.3 (2017): 163-168.

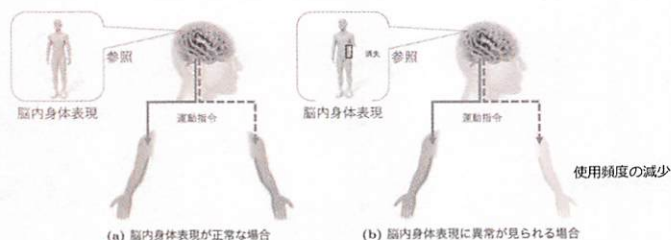
シナジー：Synergy

- 運動中のヒトの筋活動や骨格運動を計測し、統計処理を施すと、少数の特徴的な構造が見られる
- 歩行運動中の筋活動は、5つのパターンの組み合わせによって表わされる
- これは、ヒトが複数の筋肉や関節を協調的に動作させることを示しており、運動制御指令が、複数の筋肉や関節に対して同じ指令を与えるような、神経制御系の性質を反映していると考えられている
- このような動作の協調的なパターンは「シナジー」と呼ばれ、特に筋活動のシナジーは筋シナジーと呼ばれる

船戸徹郎, 青井伸也：シナジーの解析とその応用。計測と制御 56.3 (2017): 193-198.

効果器の不使用につながる 脳内身体表現の異常

まとめ（私見）



脳内身体表現に異常が見られる場合、麻痺肢が脳内身体表現に表象されなくなり操作可能な自己身体の一部と認識されなくなる。その結果、さらに麻痺肢を使用した運動は生成されなくなり、使用頻度低下から運動機能低下という負のループが形成されることになり、麻痺肢は使えない効果器になってしまう

大内田裕 他：リハビリテーションにおける脳内身体表現と評価指標、計測と制御 56.3 (2017): 181-186. 49

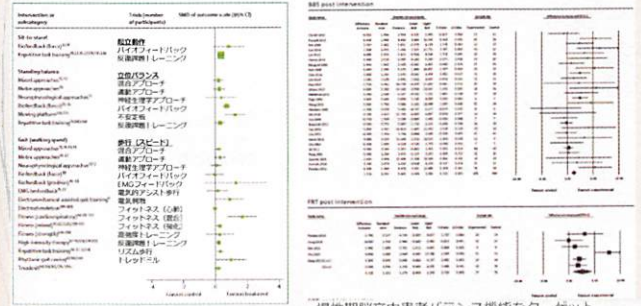
- 私たちが「バランス」の改善について考える際は、状況に応じた各感覚の再重み付けと運動制御（筋シナジー）・姿勢制御について考慮する必要がある
- 現在は、脳内身体表現（身体認知）と実際の身体とが一致できるような介入が求められている
- 私たちは、症例の主観を確認しながら、同時にセラピストが身体状況の確認を緻密な評価と治療の中で把握することが大切
- 当日は、実際の症例への介入動画をもとに検討していきたい

中枢神経疾患後患者の バランス・歩行障害に対する 経頭蓋直流電気刺激の応用

埼玉みさと総合リハビリテーション病院
万治淳史

バランス・歩行障害×リハビリ

脳卒中後バランス・歩行障害に対するリハビリテーション レビュー



P Langhorne et al. Lancet neurology 2009

慢性期脳卒中患者バランス機能をターゲット
⇒一定の効果あり、研究によってばらつきもあり。

Hanneke J.R. Stroke 2016

リハビリテーション×NIBS

脳卒中後リハビリテーションにおける非侵襲的脳刺激 (Noninvasive brain stimulation (NIBS)) の応用

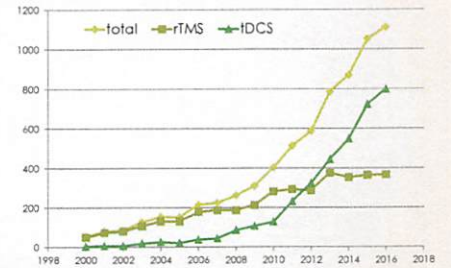
- ・ 反復経頭蓋磁気刺激
(repetitive transcranial magnetic stimulation: rTMS)
- ・ 経頭蓋直流電気刺激
(transcranial direct current stimulation: tDCS)
- ・ 治療戦略



Clozet et al 2015

NIBS研究の動向

脳卒中後障害に対する非侵襲的脳刺激の応用

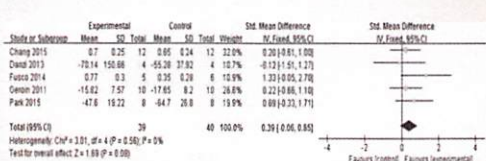


- ・ 上肢麻痺・半側空間無視・失語に関するものがほとんど
- ・ 歩行・バランスに関するものは比較的少ない

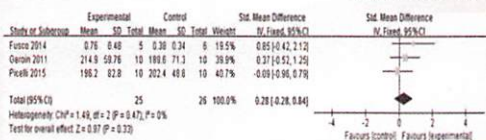
脳卒中後障害×NIBS

バランス・歩行障害に対するNIBS(tDCS) レビュー

歩行速度



持久性

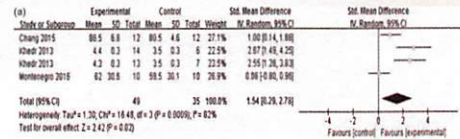


Yi Li et al. Restor Neural Neurosci 2018

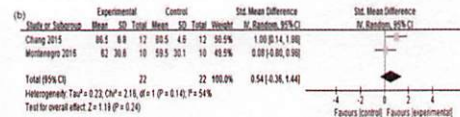
脳卒中後障害×NIBS

バランス・歩行障害に対するNIBS(tDCS) レビュー

感度分析



筋力



- ・ 可動性(下肢運動機能評価・歩行対称性・運動速度など)・筋力には改善有、歩行スピード・持久性には影響見られなかった。

Yi Li et al. Restor Neural Neurosci 2018

経頭蓋直流電気刺激 下肢機能リハビリテーションへの応用

疾患	病期	デザイン・例数	効果	時期
Tanaka et al 2011	CVA 慢性期	加スパー 8例	膝関節伸展トルク増大	即時効果
Sohn et al 2013	CVA 亜急性期回復期	加スパー 11例	膝関節伸展トルク、バランス改善	即時効果
Geroin et al 2011	CVA 慢性期	3群 ロボット10例 +HCS10例 コントロール10例	ロボット・+HCS群でコントロール群に比べ、歩行能力改善	2週間前後評価
Grecco et al 2014	CP -	加スパー 20例	歩行動作改善	即時効果
Kaski et al 2014	PD 慢性期	加スパー 9例	歩行速度、耐久性改善	即時効果

報告は非常に少なく、方法も様々。刺激部位は一次運動野が多い

大脳皮質とバランス・歩行の関連

- 皮質運動関連領域の歩行運動の制御における機能局在

- ▶ 一次運動野：随意運動の実行
- ▶ 補足運動野：予期的姿勢調節姿勢調整
- ▶ 運動前野：運動プログラムの生成

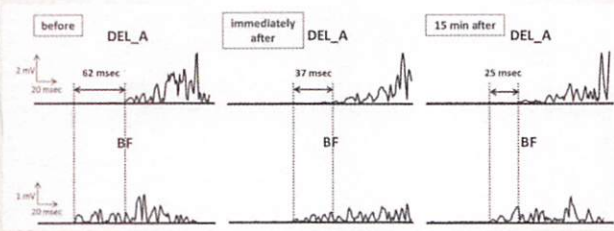
高草木 2015

- 片麻痺患者の回復（トレーニング実施）前後における脳活動の変化
- 両側補足運動野の活動の増加
- ※課題：バランス課題

Fujimoto 2013

NIBS×バランス

- 健康人対象
- 補足運動野に対する陰極刺激
- 上肢挙上動作における先行性下肢筋活動潜時の延長



伊田ら2013

NIBS×バランス

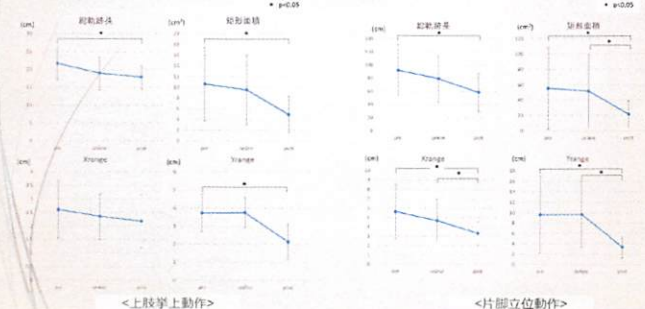
- 健康人対象
- 補足運動野に対する陽極刺激
- 課題：上肢挙上動作・片脚立位動作



松田 万治 2018

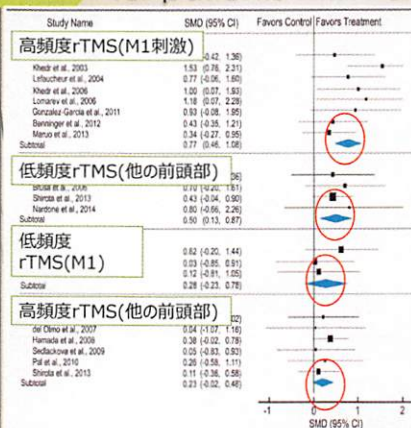
NIBS×バランス

- 片麻痺患者対象
- 補足運動野に対する陽極刺激
- 上肢挙上動作・片脚立位動作における重心動揺の減少



万治 徳田 松田 2018

rTMS × Balance / Gait disability for patients with Parkinson disease

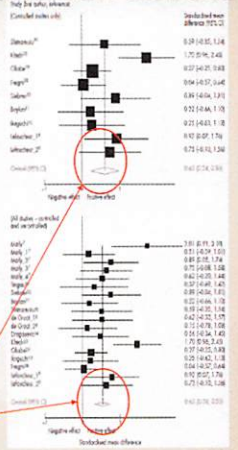


パーキンソン病患者に対するrTMSは運動機能改善に効果がある。(Yh Chouら, 2015)

tDCS × Balance / Gait disability for patients with Parkinson disease



パーキンソン病患者に対するtDCSによる効果
 →tDCSによる皮質脊髄性の興奮性の向上 (Siebner et al, 2004)
 →バランス能力・歩行能力の改善
 →すくみ足の改善 (Kaski et al, 2014)



メタアナリシスでもtDCSはパーキンソン病に対して効果があることが指摘されている

パーキンソン病に対するtDCSの効果

(万治, 松田・他; 2015)

使用機器: DC Stimulator
 刺激部位: 陽極 - 左運動野 陰極 - 右前額部
 刺激条件: 1mA直流電流、20分間、座位安静

- 離殿時股関節屈曲角度
 症例A: $72.7 \pm 1.4^\circ \rightarrow 76.5 \pm 1.3^\circ$
 症例B: $56.4 \pm 0.8^\circ \rightarrow 61.7 \pm 1.1^\circ$
- 立ち上がり動作の所要時間
 症例A: $7.6 \pm 0.7 \rightarrow 5.6 \pm 0.6$ 秒
 症例B: $33.2 \pm 12.8 \rightarrow 19.6 \pm 3.4$ 秒
- 起立動作の失敗回数 → 動作失敗回数の減少



パーキンソン病に対するtDCSの効果

(万治, 松田・他; 2015)

症例A: 70代 Hoehn Yahr IV

歩行前顔面



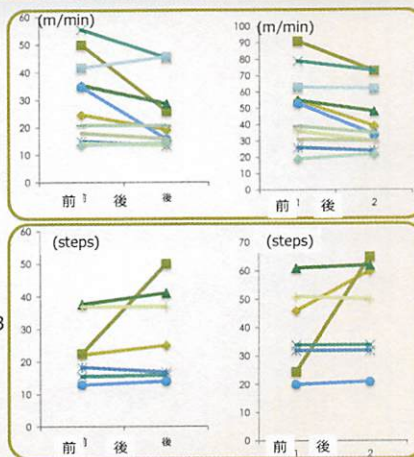
Pre → tDCS 20分 座位安静 → Post

パーキンソン病に対するtDCSの歩行能力への効果

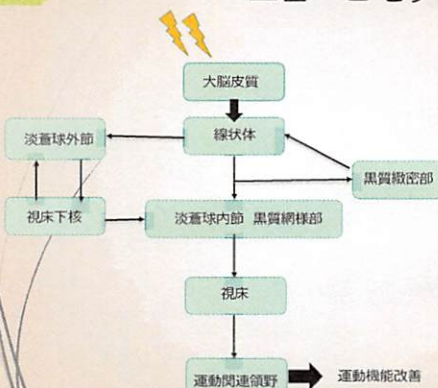
パーキンソン病10名 (60歳~80歳)
 ホーンヤールの分類Ⅲ~Ⅳ

歩行速度(m/min) pre⇒post
 tDCS: $30.7 \pm 15.0 \rightarrow 25.9 \pm 14.1$
 Sham: $23.7 \pm 9.9 \rightarrow 28.5 \pm 14.2$
 $p < 0.05$

歩数 (steps) pre⇒post
 tDCS: $51.5 \pm 22.1 \rightarrow 45.3 \pm 20.0$
 Sham: $38.4 \pm 14.8 \rightarrow 46.3 \pm 17.3$
 $p < 0.05$



パーキンソン病に対するニューロモデュレーション



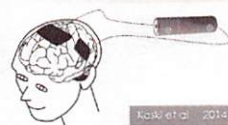
刺激部位
 一次運動野
 補足運動野
 前頭前野

⇒最適部位について一定の見解はない

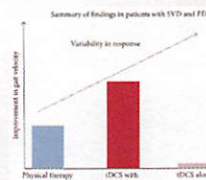
(Fregni F, et al. 2007)

NIBS × Balance / Gait disability for patients with Parkinson disease

- パーキンソン病患者に対する効果
 陽極 tDCS (運動野~前方領域刺激)
 ⇒バランス能力・歩行能力の改善
 ⇒すくみ足の改善 (Kaski et al 2014)



- 中枢神経疾患後の歩行・バランス障害に対するtDCSの有効性に関する報告 (F. Valeriani, 2014)
- 他療法との併用による効果の増大



中枢神経疾患患者のバランス障害に対する非侵襲的脳刺激の応用

- 下肢機能やバランス・歩行をアウトカムとした NIBS研究も徐々に報告されている。
- 刺激部位や併用療法など、真にバランスをターゲットとしているとは言い難い。
- バランス障害の背景となっている神経基盤や症例の病態基盤を見極めた上での、刺激や併用療法の選択が重要であると考ええる。



脊髄小脳変性症(spino cerebellar degeneration: SCD) バランス障害への介入と今後の展望



国立研究開発法人 国立精神・神経医療研究センター
身体リハビリテーション部
脳病態統合イメージングセンター
理学療法士 板東吉太



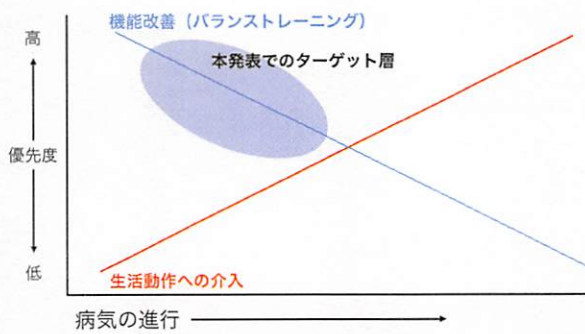
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

Agenda

- ・ SCDの病態と理学療法の現状
- ・ 作業仮説とブラックボックス
 - ▶ 小脳の再学習能力は機能しているのか?
 - ▶ 小脳の機能局在に対応した理学療法は展開可能か?
- ・ バランス評価と介入の実際

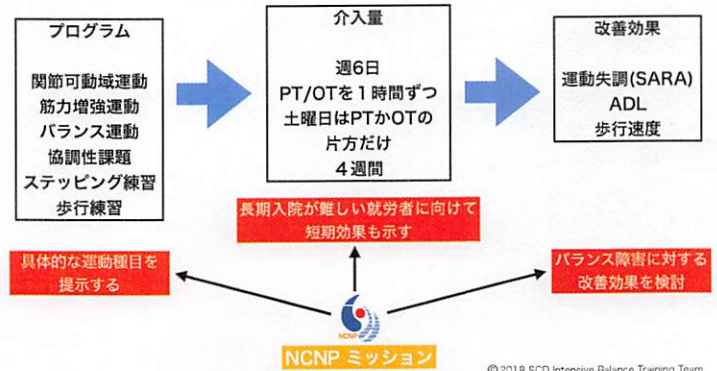
理学療法介入モデル



© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

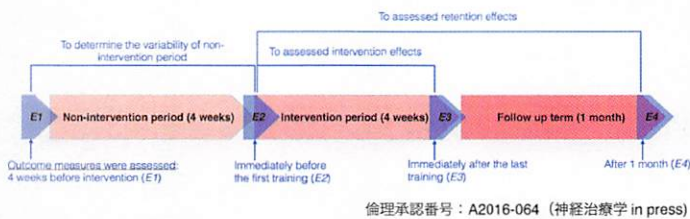
SCDに対するバランストレーニング介入研究の現状

SCDに対し、運動療法による介入研究はケースコントロール研究(Ilg,2009)とランダム化比較試験(Miyai,2012)によるものがある



© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

当センターにおける介入研究結果



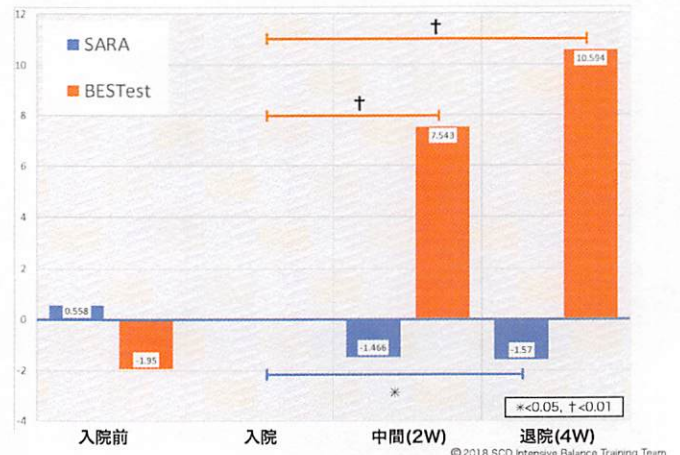
倫理承認番号: A2016-064 (神経治療学 in press)

研究デザイン: ケースコントロールデザイン (intraindividual control study)
包含基準: SARAの歩行項目 3点以下のSCD患者



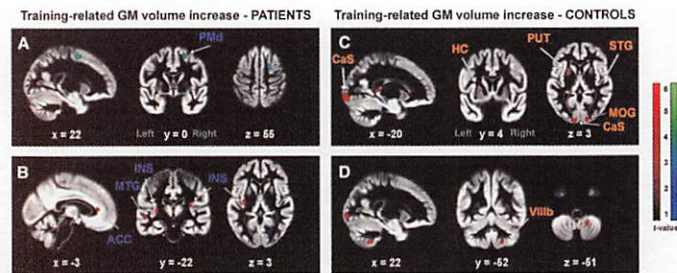
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

当センターにおける介入研究結果



© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

バランストレーニングによる灰白質ボリュームの変化



- ・ 2週間のバランストレーニングにより、SCD群では運動前野の灰白質ボリューム増加を認めた
- ・ 健常群では大脳に加えて、小脳半球でも灰白質ボリュームの増加を認めた

Roxana Gabriela Burciu et al. J. Neurosci. 2013;33:4594-4604

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

ショートサマリー

- ・ SCDに対するバランストレーニングの効果が明らかとなってきた
- ・ トレーニングプログラムは必ずしも病態に合わせた内容でなく、網羅的な内容で効果検討がなされてきた
- ・ 今後の展開としてバランス能力を低下させている要素を明らかにした上で、要素特異的なアプローチで介入効果を向上させたい

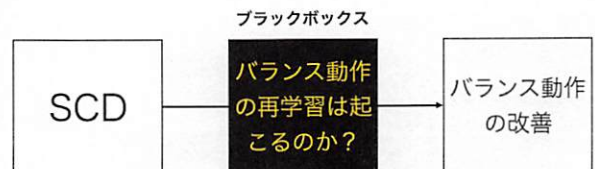
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

Agenda

- ・ SCDの病態と理学療法の現状
- ・ 作業仮説とブラックボックス
 - ▶ 小脳の再学習能力は機能しているのか？
 - ▶ 小脳の機能局在に対応した理学療法は展開可能か？
- ・ バランス評価と介入の実際

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

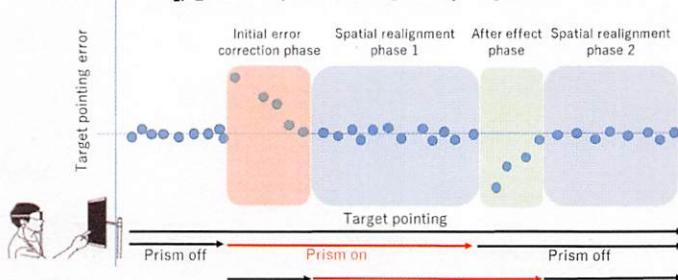
小脳の再学習能力は機能しているのか？



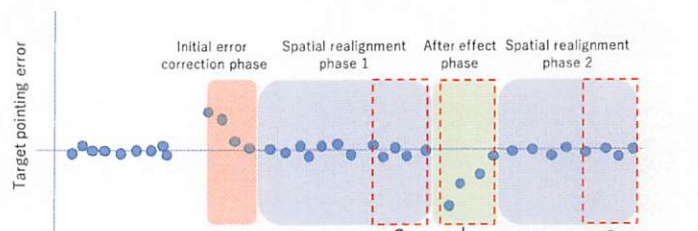
- ・ 運動学習の首座である"小脳"が変性したSCD患者は、本当に運動の再学習が可能なのか？
- ・ 運動学習の過程において、小脳の長期抑制(LTD)の重要性は明確であるが、生体外からLTDを観察する手段はないか？

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

プリズム適応課題は運動学習の痕跡を捉えられるかもしれない



解析方法：The Adaptability Index (AI)



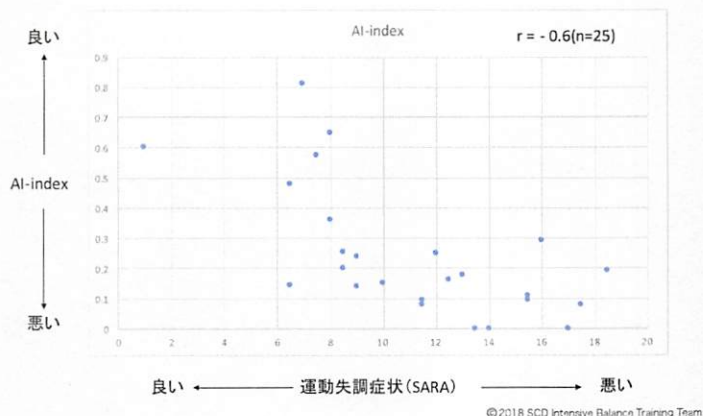
- a: The probability of correct touches in the last 10 trials of spatial realignment phase 1
- b: The probability of incorrect touches in the initial 5 trials of after effect phase
- c: The probability of correct touches in the last 10 trials of spatial realignment phase 2

$$AI = a \times b \times c$$

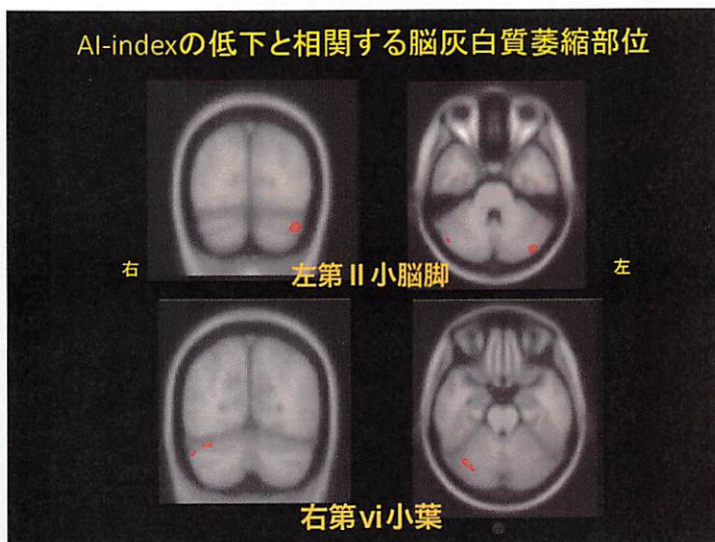
Hashimoto Y et al. PLoS One 2015

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

AI-indexと運動失調症状の相関関係



AI-indexの低下と相関する脳灰白質萎縮部位



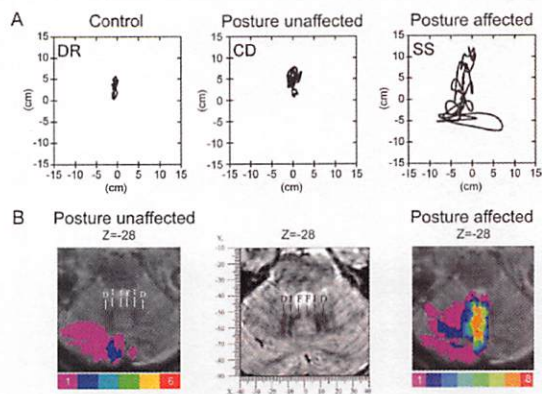
小脳の機能局在に対応した理学療法は展開可能か?



- ・CVA患者のように、脳画像評価における明確な関心領域（梗塞、出血箇所が画像上ははっきりと判断できる）がない
- ・萎縮部位を明確に表示する手法が必要

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

バランス障害のLesions-symptom mapping

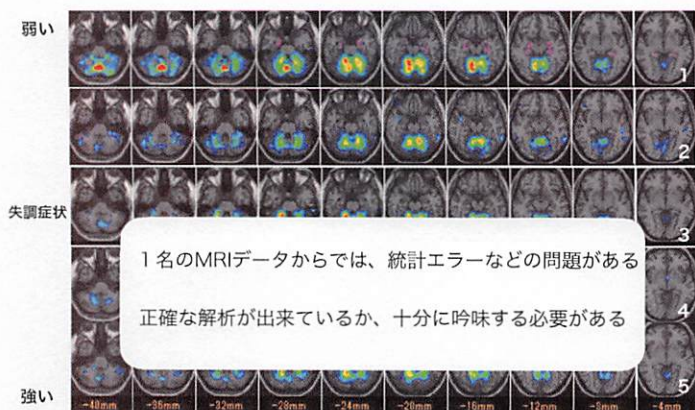


室頂核、中位核の切除患者でバランス障害を認めた

Konczak J. : Brain, 128 : 1428-1441, 2005.

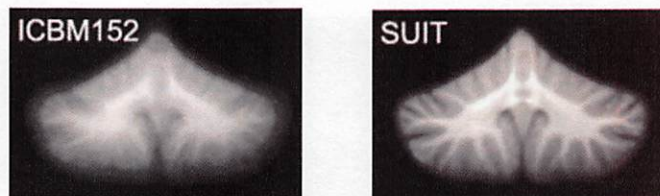
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

SCA31のVBM解析結果



© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

複雑構造な小脳を解析するには 多大な労力を要する



小脳は大脳皮質と比較して、複雑な構造も持つため詳細なアトラスを得るためには、現在の自動処理プログラムでは解析に限界がある

Diedrichsen, J. (2006). A spatially unbiased atlas template of the human cerebellum. Neuroimage, 33(1), 127-138.

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

ショートサマリー

- ・ 生体外から小脳の長期抑制（運動学習の成立）の可視化は、現段階では困難
- ・ プリズム適応課題は運動学習能力を評価する手段となりえる（長期抑制可視化の代償手法）
- ・ VBM解析を用いて、小脳萎縮部位の局在を同定するには多大な労力を要する（特に1 vs グループ解析は多くのバイアスがかかる）
- ・ 現状、運動評価によって介入するべきバランス要素を明らかにすることが重要

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

Agenda

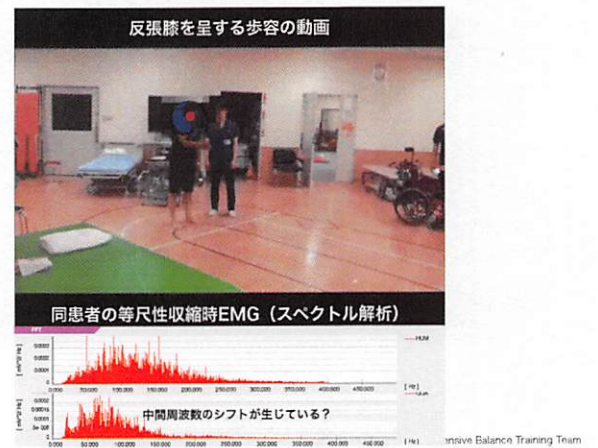
- ・ SCDの病態と理学療法の現状
- ・ 作業仮説とブラックボックス
 - ▶ 小脳の再学習能力は機能しているのか？
 - ▶ 小脳の機能局在に対応した理学療法は展開可能か？
- ・ バランス評価と介入の実際

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

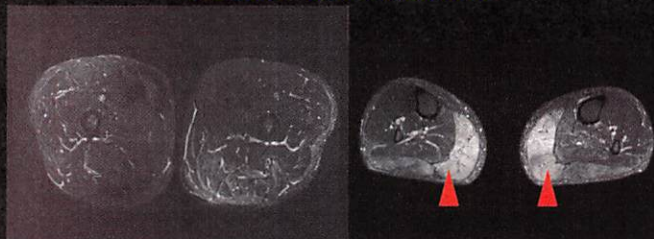
バランス能力評価の全体像



日常的な筋の不使用は廃用を誘発し得る



過剰な筋活動は筋自体の変性を起
こすかもしれない



MRI(STIR撮像)の結果、両側の下腿三頭筋
にのみ炎症初見を認めた例

認知機能検査

Schmahmann syndrome scale

Hoche F et al. BRAIN, 2018

CEREBELLAR COGNITIVE AFFECTIVE / SCHMAHMANN SYNDROME SCALE (CCAS-Scale) NAME: ID# DATE

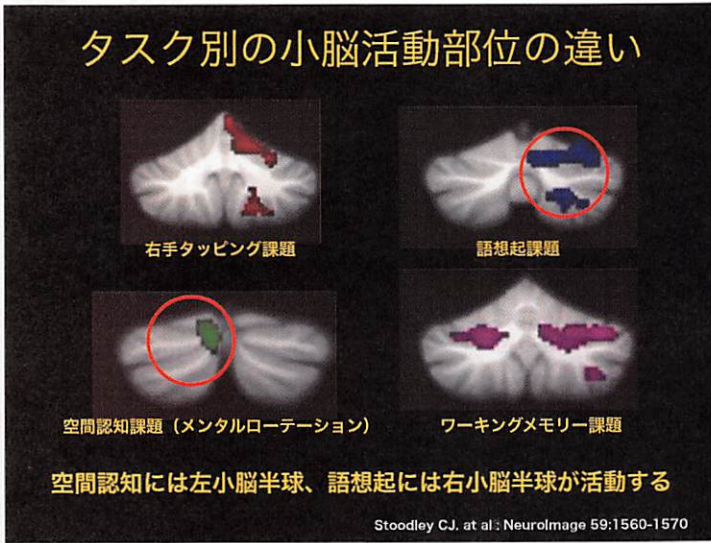
VERSION 1A. DOB: Education (Yrs)

TEST	SCORE	RAW SCORE	PASS-0	FAIL-1
SEMANTIC FLUENCY	Score = total correct words (up to a maximum of 26 words). Fail if Score 15 or less. (Use space bottom right for notation).	/26		
PHONEMIC FLUENCY	Score = total correct words (up to a maximum of 19 words). Fail if Score 9 or less. (Use space bottom right for notation).	/19		
CATEGORY SWITCHING	Score = total number of correct alternating words (up to a maximum of 15 alternations). Repetition or set loss errors are not scored. Fail if Score 9 or less. (Use space bottom right for notation).	/15		
VERBAL REGISTRATION	1. I am going to read you a list of words going to ask you to give them back them once, then repeat them again. [Flower] - [Rob] 1st attempt [] - [] 2nd attempt [] - [] 3rd attempt [] - [] 4th attempt [] - []			
DIGIT SPAN FORWARD	Draw cube here. Copy the cube here.			

言語説明のみ

モデルあり

タスク別の小脳活動部位の違い

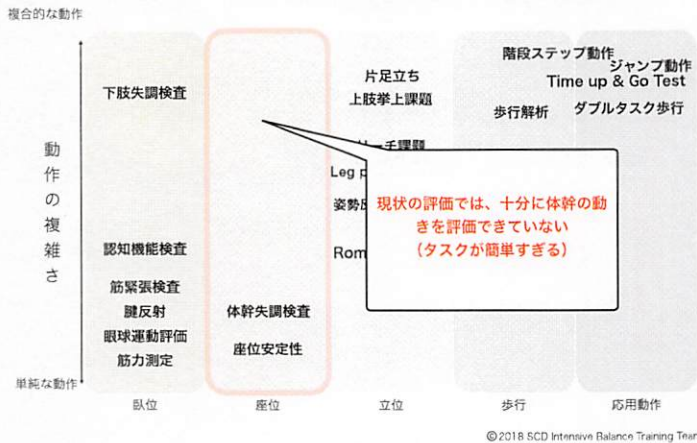


ショートサマリー

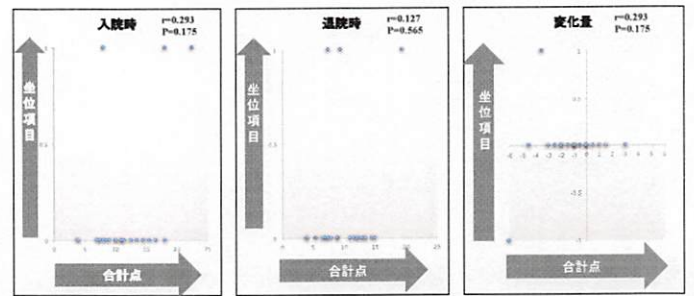
- ・ SCD患者では、関節の自由度を減らす戦略をとる場合があり、活動する筋に偏りが生じえる
- ・ 筋の長期的な不活動や偏った過活動は、筋自体の変性を起こす可能性がある (自験例からの考察)
- ・ 筋の不活動や過活動に応じた、筋力トレーニング・リラクゼーションも重要なバランストレーニングとなる
- ・ 小脳の萎縮部位によって、空間認知や言語理解に問題が生じる可能性がある

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

バランス能力評価の全体像



SARA総合点と坐位項目の相関



現行の体幹失調評価では、失調の程度や有無を正しく評価できていない可能性がある



© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

負荷試験の考案



坐位 (+)、膝立ち (+)、踵膝試験 (-)
= 体幹失調トレーニングメイン

坐位 (+)、膝立ち (+)、踵膝試験 (+)
= 下肢・体幹失調トレーニングメイン

動画は本人の許可を得て使用
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

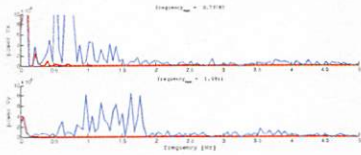
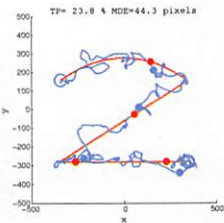
負荷試験の考案



坐位 (-)、膝立ち (+)、踵膝試験 (+) = 下肢失調トレーニングメイン

動画は本人の許可を得て使用
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

深度カメラを用いた定量評価の試み

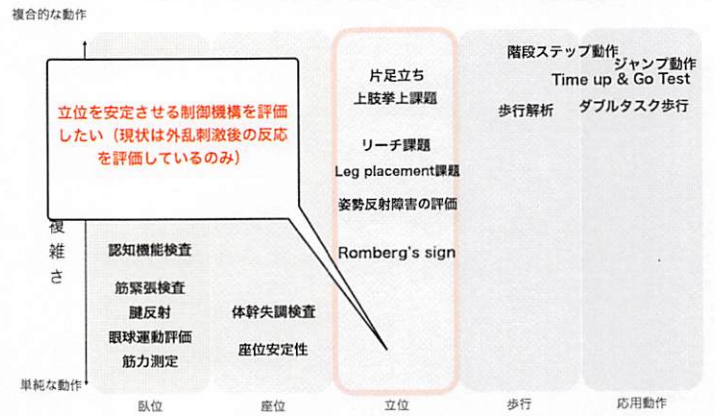


利点

- 従来は動作解析装置のように身体にマーカーを貼付する必要がない
- 体幹動揺を連続値として記録できる
- 周波数解析などを用いて、時空間的な解析が可能となる

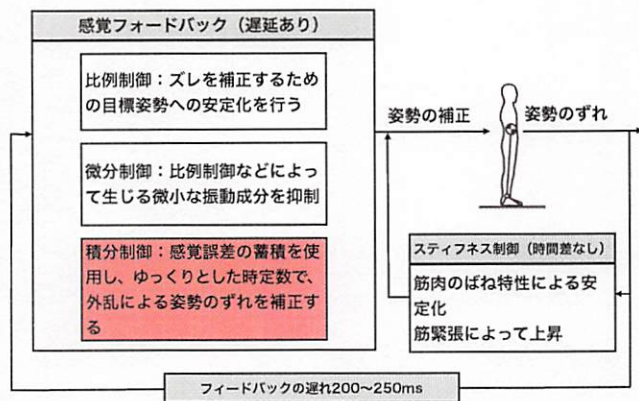
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

バランス能力評価の全体像



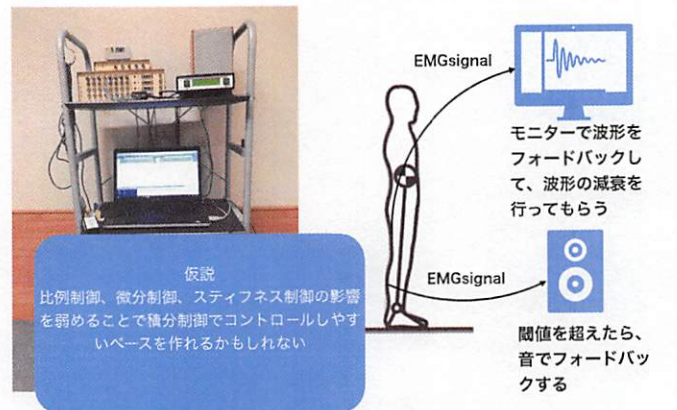
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

立位姿勢安定モデル解釈



SCD患者では積分制御でのコントロール能力が低下しているかもしれない

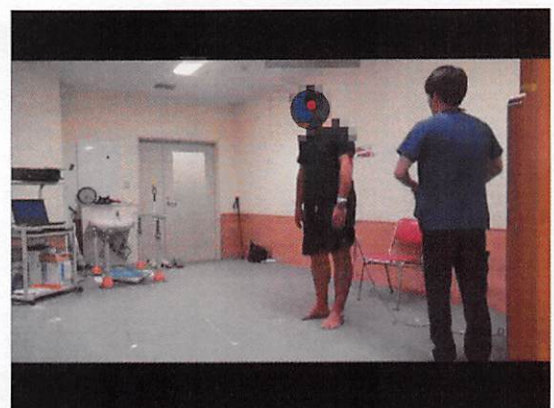
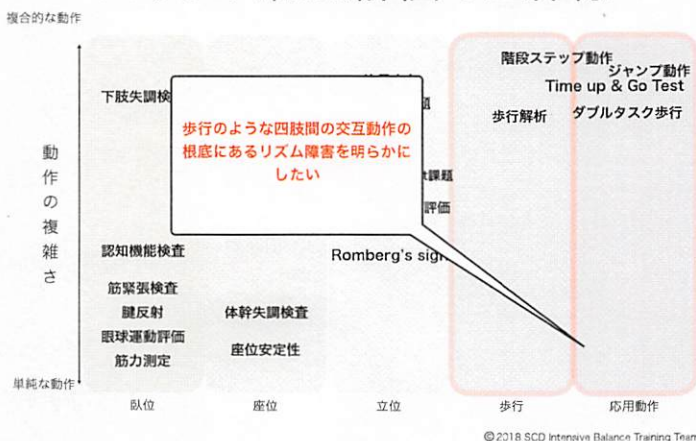
安静時立位での筋電図フィードバック



© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

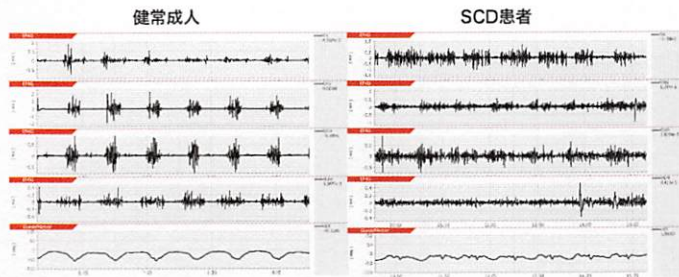
バランス能力評価の全体像

ジャンプ動作は下肢の協調性評価に有効



動画は本人の許可を得て使用 © 2018 SCD Intensive Balance Training Team

ジャンプ動作は下肢の協調性評価に有効



ジャンプ動作時の筋電図波形と膝関節角度変化のログ

**SCD患者では主動筋と拮抗筋の
コントラストがほとんどない**

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

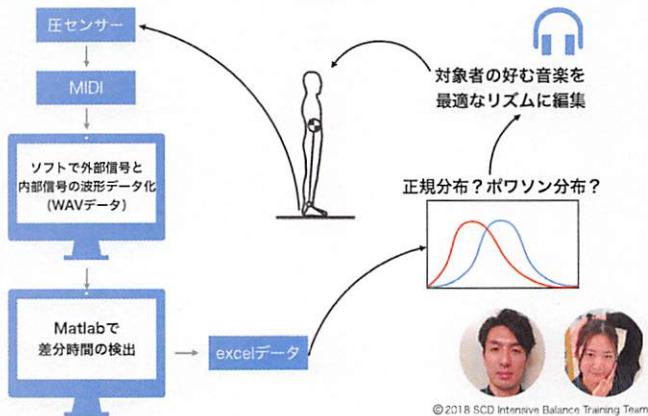
下肢の協調性運動は改善し得る



下肢の失調症状に対するとトレーニング（OKCトレーニング、ランジ動作、ジャンプ動作、ランニング動作など）を4週間実施したSCD患者

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

最適歩行リズムを解析して”音楽化”し歩行リズムの安定化を図る



© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

データ測定風景



動画は本人の許可を得て使用
© 2018 SCD Intensive Balance Training Team

まとめ

- ・ SCDに対するリハビリテーションの効果が明らかになってきた
- ・ 運動学習能力についての知見はまだ少なく、今後の研究と臨床応用が必要である
- ・ 今後は、画像処理・工学手法など広い分野の技術を用いてバランス能力の要素別評価を行い、特異的なアプローチに繋がっていききたい

© 2018 SCD Intensive Balance Training Team