

FN 1: 神経可塑性 Part II

NCJ 基礎講座

©Susumu Ikeda (NCJ)

Q. SNAGsとは何ですか？眩暈に効果的な治療
のでしょうか？

<https://mulliganconceptapp.com/general-information/about-the-founder/>

©Susumu Ikeda (NCJ)

頸椎性めまい & SNAGs

- 頸椎性めまいのを呈する34人の患者を2つのグループに分け、SNAGsと無効化レーザーの効果と比較
- 6,12週のリフォローアップを比較した際に、無効化レーザーグループに比べてSNAGsのグループでは、DHIスコア、めまいの頻度、頸椎の痛みに顕著な差が認められた
- 結論:めまい、頸椎の痛み等によって引き起こされる障害の治療に、SNAGsは臨床的・統計的優位性を示した

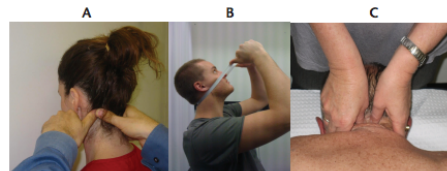


Figure 1.

The manual therapy interventions used in the study: (A) Sustained natural apophyseal glide (SNAG) into left rotation. The physical therapist performs a sustained anterior glide to the left C1 transverse process. The participant turns his or her head to the left as the SNAG is sustained. (B) Self-administered SNAG into extension. The participant uses a strap or his or her fingers to perform a sustained anterior glide to the C2 spinous process while looking up. The glide is maintained until the head returns to the neutral starting position. (C) Maitland central posterior-anterior passive joint mobilization on C2.

Reid, S. A., Rivett, D. A., Katekar, M. G., & Callister, R. (2014). Comparison of mulligan sustained natural apophyseal glides and maitland mobilizations for treatment of cervicogenic dizziness: A randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 94(4), 466–476. <https://doi.org/10.2522/ptj.20120483>

Reid, S. A et al. (2008). *Man Ther*. Aug;13(4):357-66. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17951095/>

©Susumu Ikeda (NCJ)

頸椎性めまい & SNAGs

- 2008:(A double-blind RCT, N=34)結論-めまい、頸椎の痛み等によって引き起こされる障害の治療に、SNAGsは臨床的・統計的優位性を示した
 - Reid, S. A., Rivett, D. A., Katekar, M. G., & Callister, R. (2008). Sustained natural apophyseal glides (SNAGs) are an effective treatment for cervicogenic dizziness. *Manual Therapy*.
 - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17951095/>
- 2014:(RCT, N=86)結論-1〜3回のSNAGsとMaitland mobilizationsで頸椎性めまいの頻度・程度が12週間の期間で減少した
 - Reid, S. A., Rivett, D. A., Katekar, M. G., & Callister, R. (2014). Comparison of mulligan sustained natural apophyseal glides and maitland mobilizations for treatment of cervicogenic dizziness: A randomized controlled trial. *Physical Therapy*.
 - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24336477/>
- 2019:(N=48)結論-SNAGsで頸椎性頭痛・めまいの症状改善が報告された
 - Mohamed, A. A., Shendy, W. S., Semary, M., Mourad, H. S., Battecha, K. H., Soliman, E. S., ... Mohamed, G. I. (2019). Combined use of cervical headache snag and cervical snag half rotation techniques in the treatment of cervicogenic headache. *Journal of Physical Therapy Science*.
 - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31037013/>



<https://mulliganconceptapp.com/general-information/>

©Susumu Ikeda (NCJ)

What are the basic needs of the neuron

- 酸素
- 燃料 (グルコース、マイクロまたはマクロな栄養素)
- 活性刺激
- Oxygen
- Fuel (glucose, micro and macronutrients)
- Activation and stimulation

©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

機能範囲-神経学検査・血液検査



©Susumu Ikeda (NCJ)

What happens when we stimulate a neuron?

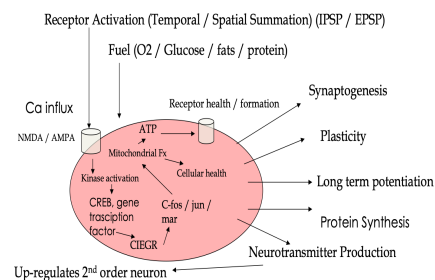
神経を刺激すると何が起こるのか？

遺伝子発現、たんぱく質合成、そして神経可塑性の変化

- ▶ CIEGr (cellular Immediate Early Gene responses) の増加(Ca流入)
- ▶ タンパク質生産の増加 (細胞膜、イオンチャンネル、伝達物質、細胞修復)
- ▶ 細胞呼吸の増加 (ミトコンドリア電子伝達系を通して)
- ▶ ATP産生とナトリウムカリウムポンプの活動の増加
- ▶ 初期段階における静止電位の低下
- ▶ フリーラジカル産生の低下 (有酸素系)
- ▶ 神経可塑性と長期増強

We get changes in genetic expression, protein synthesis and neuroplasticity

- ▶ increase CIEGr (cellular Immediate Early Gene responses) (Ca influx)
- ▶ Increase Protein production (cell membranes, ion channels, transmitters, cell repair)
- ▶ Increase Cellular respiration (via mitochondrial electron transport chain)
- ▶ increase ATP synthesis (activity of Na/K pump)
- ▶ decrease Resting membrane potential (RMP) in the initial stages (further away from threshold)
- ▶ decrease Free radical formation (aerobic)
- ▶ drives neuroplasticity and LTP



what happens if we reduce stimulation?

“Dysafferentation” 求心性伝達不全 (サブラクセーション) シナプス前細胞からの発火の頻度が低下するとき、以下の事象が起こる

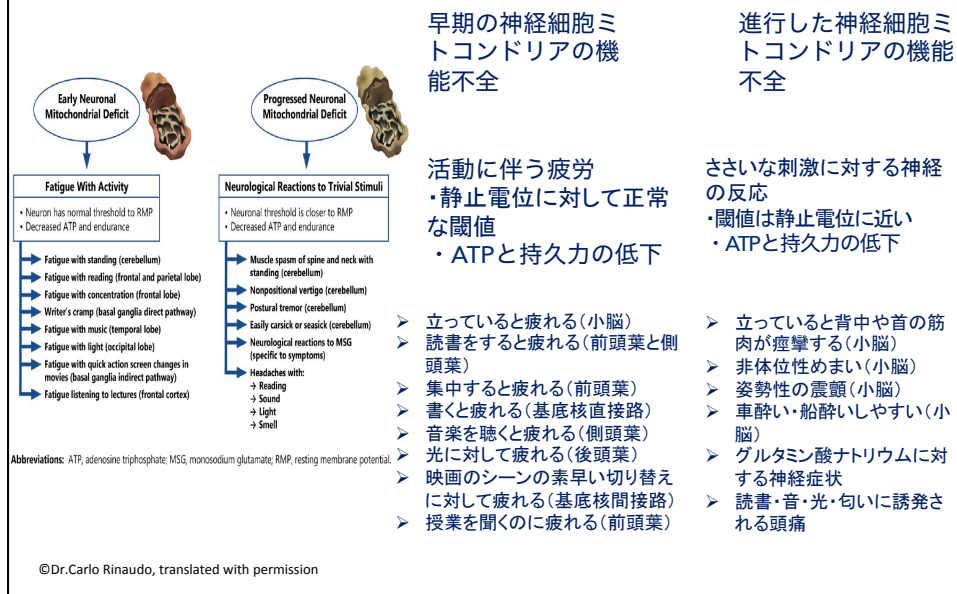
- ▶ ↓ CIEGr (細胞最初期遺伝子反応).
- ▶ ↓ タンパク質産生
- ▶ ↓ 細胞呼吸(ミトコンドリア電子伝達系を通して).
- ▶ ↓ ATP合成.
- ▶ ↑ 静止電位 (神経退化の初期)
- ▶ 細胞膜の過分極 (神経退化の晩期)
- ▶ ↑ フリーラジカル(OxPhos –酸化リン酸化)
- ▶ 細胞呼吸の更なる低下 (ミトコンドリア電子伝達系を通して)
- ▶ 乳酸 (無酸素系)
- ▶ 偏在性の細胞核 (ニューロフィラメント・マイクロフィラメントの減少)
- ▶ 細胞肥大 (ATeccentric nucleus P dependent pumps)
- ▶ 細胞疲労 (タンパク質産生低下) (reduced protein production)
- ▶ 神経毒

When you decrease the FOF of pre-synaptic neurons, as might occur due to dysafferentation (subluxation), the following events may take place.

- ▶ ↓ CIEGr (cellular Immediate Early Gene responses).
- ▶ ↓ Protein production
- ▶ ↓ Cellular respiration (via mitochondrial electron transport chain).
- ▶ ↓ ATP synthesis.
- ▶ ↑ Resting membrane potential (RMP) in the initial stages.
- ▶ Hyperpolarization of the membrane potential in the late stages of degeneration.
- ▶ ↑ Free radical formation (OxPhos – oxidative phosphorylation)
- ▶ Further inhibition of cellular respiration (electron transport chain) in the mitochondria.
- ▶ Lactic acid (anaerobic)
- ▶ Eccentric nucleus (reduced neurofilaments/microfilaments)
- ▶ Swollen cell (ATP dependent pumps)
- ▶ Cellular fatigue (reduced protein production)
- ▶ Neurotoxicity!

©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

Clinical presentation of impaired neuronal mitochondria



早期の神経細胞ミ
トコンドリアの機
能不全

進行した神経細胞ミ
トコンドリアの機能
不全

活動に伴う疲労
・静止電位に対して正常
な閾値
・ATPと持久力の低下

ささいな刺激に対する神経
の反応
・閾値は静止電位に近い
・ATPと持久力の低下

- 立っていると疲れる(小脳)
- 読書をするとき疲れる(前頭葉と側頭葉)
- 集中すると疲れる(前頭葉)
- 書くとき疲れる(基底核直接路)
- 音楽を聴くと疲れる(側頭葉)
- 光に対して疲れる(後頭葉)
- 映画のシーンの素早い切り替えに対して疲れる(基底核間接路)
- 授業を聞くのに疲れる(前頭葉)

- 立っていると背中や首の筋肉が痙攣する(小脳)
- 非体位性めまい(小脳)
- 姿勢性の震頭(小脳)
- 車酔い・船酔いしやすい(小脳)
- グルタミン酸ナトリウムに対する神経症状
- 読書・音・光・匂いに誘発される頭痛

Transneuronal degeneration (TND)

「神経発火の頻度、または代謝の変化に基づく神経細胞の不安定性。細胞衰弱の指標であり、改善が試みられなければ細胞死に繋がる」 Beck シナプス活動の欠如、グルコース供給の低下、低酸素、ATP低下等で正常な生理反射が不能となる。この用語は単一神経細胞にも神経細胞グループにも適用する。

“A state of instability of the nerve cell as a result of changes in frequency of firing (FOF) and/or fuel delivery to the cell. It represents a state of decline that will proceed cell death if fuel delivery, activation and FOF are not restored.” Beck
Neurons that have been subject to a lack of synaptic activity, low glucose supplies, low oxygen, decreased ATP etc may not be able to respond to a sudden synaptic barrage in the appropriate manner. So we can apply this term to a neuron and also groups of neurons

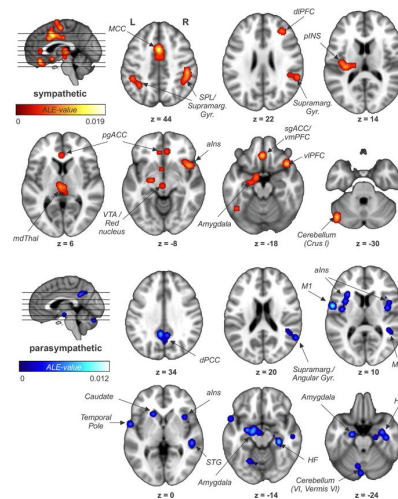
©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

What does neuronal fatigue look like in clinic? 臨床現場における神経疲労の様相

- 神経学的検査により、繰り返し疲労(または改善)を観察しなければならない
- 整形外科的また神経学的検査の最中において、患者が
 1. 改善する- 代謝機能の心配をせずにリハビリへ(障害部位の主要部位ではない可能性)
 2. 悪化する- 治療中に神経—代謝の安定性に取り掛かる必要がある
 3. 別の症状が出る- (例えば、指鼻試験時に吐き気がする-ホモログのつながりを思い出す)-治療中に神経—代謝の安定性に取り掛かる必要がある
- With neurological testing, you must repeat, observing for any signs of fatigue (or sometimes improvement)
- If during your examination (can be orthopaedic or neurological), the patient either
 1. **improved with testing “adaptability”** - rehabilitate without metabolic concerns (also unlikely to be primary area of dysfunction)
 2. **gets worse with testing** - need to address neuro-metabolic stability during treatment
 3. **new symptoms with testing** (eg, feels nauseas when doing finger to nose - remember connected homologues) - need to address neuro-metabolic stability during treatment

©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

自律神経系に関与する脳部位



Beissner, F., Meissner, K., Bär, K. J., & Napadow, V. (2013). The autonomic brain: An activation likelihood estimation meta-analysis for central processing of autonomic function. *Journal of Neuroscience*, 33(25), 10503–10511. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1103-13.2013>

©Susumu Ikeda (NCJ)

右前頭前野腹内側部障害が感情刺激に応じた奇異性心血管活性化に繋がる

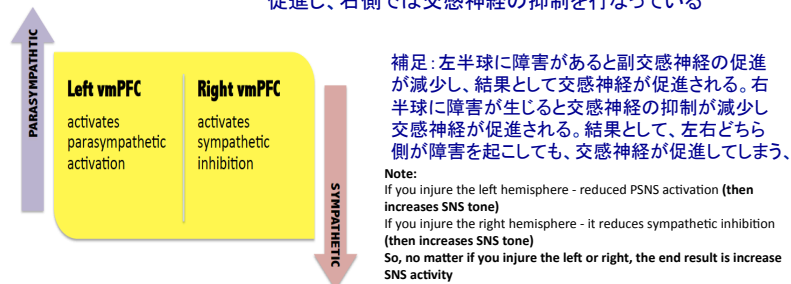
Brain. 2006 Dec;129(Pt 12):3343-55. Epub 2006 Nov 1.

Right ventromedial prefrontal lesions result in paradoxical cardiovascular activation with emotional stimuli.

Hilz MJ¹, Devinsky O, Szczepanska H, Borod JC, Marthol H, Tutaj M.

Results suggest hemispheric specialization for VMPFC interaction with predominant parasympathetic activation by the left, but sympathetic inhibition by the right VMPFC

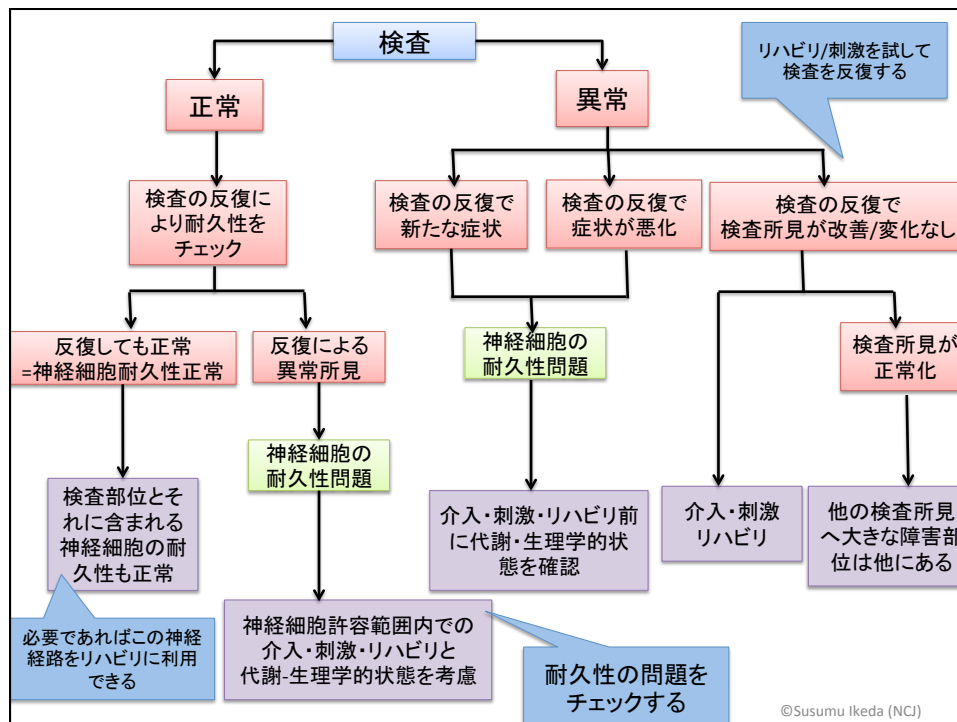
結果: 前頭前野腹内側部は左側では主に副交感神経を促進し、右側では交感神経の抑制を行なっている



11

©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

©Susumu Ikeda (NCJ)



Plasticity - adaptive & maladaptive 神経可塑性 – 適応的か非適応的か

体外環境または体内知覚のマップは良くも悪くも変容しやすいもろ刃の剣である。

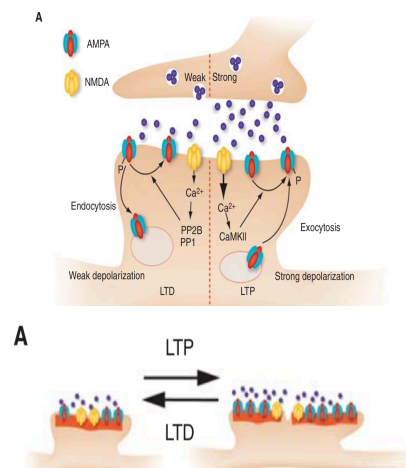
These maps (brains perception of the environment or body awareness) are susceptible to change – both good and bad!! (double edge sword)



©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

LTP & LTD

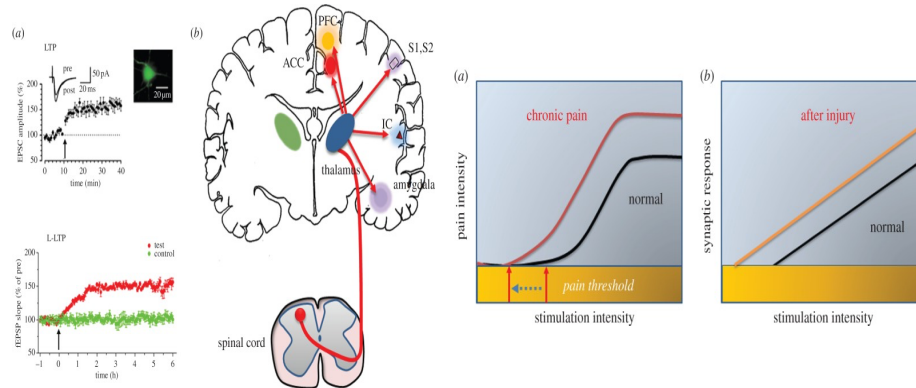
- シナプスの強いシグナルに応じて、シナプス間の伝達効率が増強される＝長期増強
- シナプスの弱いシグナルに応じて、シナプス間の伝達効率が減弱される＝長期抑圧



Rochester, J. (2009). Contemplation. IEEE Technology and Society Magazine, 28(1), 3. <https://doi.org/10.1109/MTS.2009.931859>

©Susumu Ikeda (NCJ)

前帯状皮質と慢性痛の長期増強



Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2014 Jan 5; 369(1633): 20130146.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3843878/>

©Susumu Ikeda (NCJ)

ケアの期間&頻度

- LTP<D、空間的加重&時間的加重から考える介入頻度&期間は？

©Susumu Ikeda (NCJ)

Synaptic integration シナプス統合

「神経細胞は樹状突起でも何百、何千もの神経とのシナプスにおいて入力刺激を受容し、その送料により活動電位の発生およびその頻度が決まっている。それぞれのシナプスの影響力は神経伝達物質の量と、それが結合する受容器の数、そしてシナプスと“トリガーゾーン”の距離に依存する。」

Nolte

“Neurons receive hundreds or even thousands of synaptic inputs from other neurons combining their effects at the trigger zone to determine whether and how often to fire an action potential.....the net impact of any individual synapse will obviously depend on the amount of transmitter released there and the numbers of postsynaptic receptors present, as well as on the distance from there to the trigger zone.” Nolte

©Dr.Carlo Rinaudo, translated with permission

synaptic integration シナプス統合

空間的加重

- ▶ 一つの神経細胞に対する同時におこる複数のシナプス入力の累積効果。

時間的加重

- ▶ 一つのシナプスにおける連続的な興奮性シナプス後電位の累積効果。

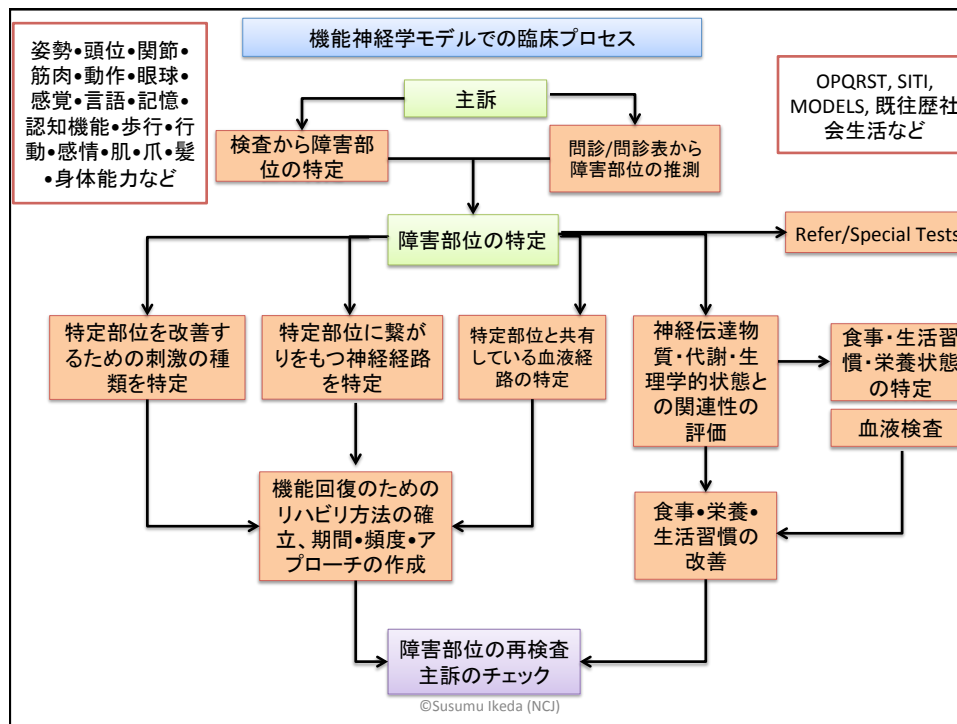
Spatial Summation

- ▶ The cumulative effect of inputs from multiple presynaptic sources on a single cell occurring at the same time

Temporal Summation

- ▶ Cumulative EPSP's that result from the firing of a single neuron, repeatedly, before the previous signal degrades

©Dr.Carlo Rinaudo, translated with permission

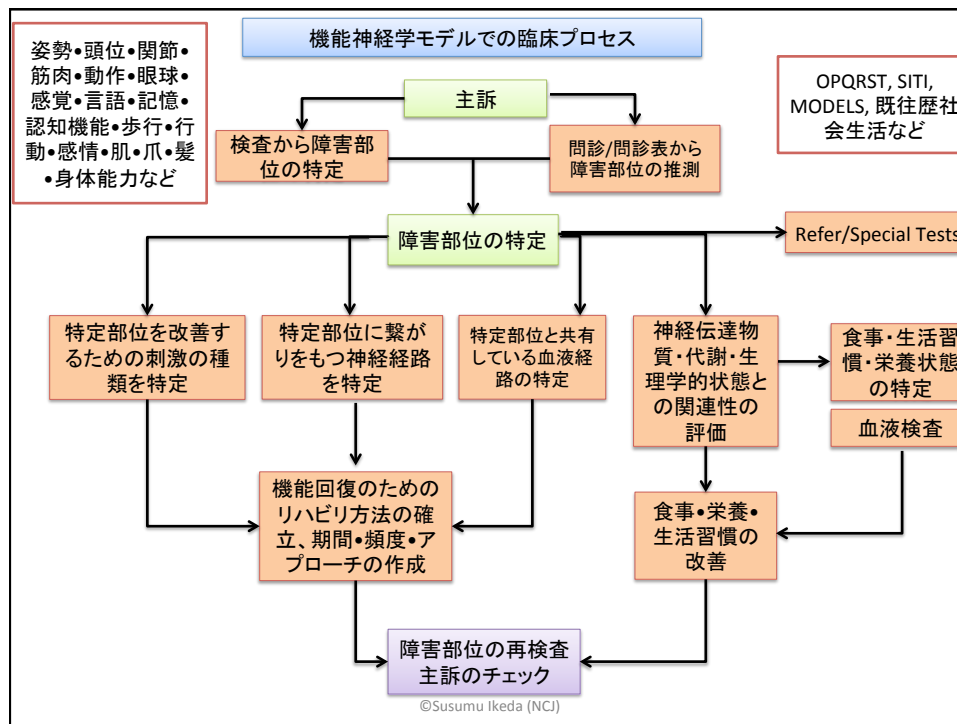


Dr.Elliot Hirshon

- アメリカカイロプラティック神経学会認定のカイロプラクター
- 機能神経学と機能性医学を学び、New Life Functional Neurology & Endocrinologyにて、医師やナースプラクティショナー、栄養士とともに臨床神経科学のアプローチを実践



©Susumu Ikeda (NCJ)



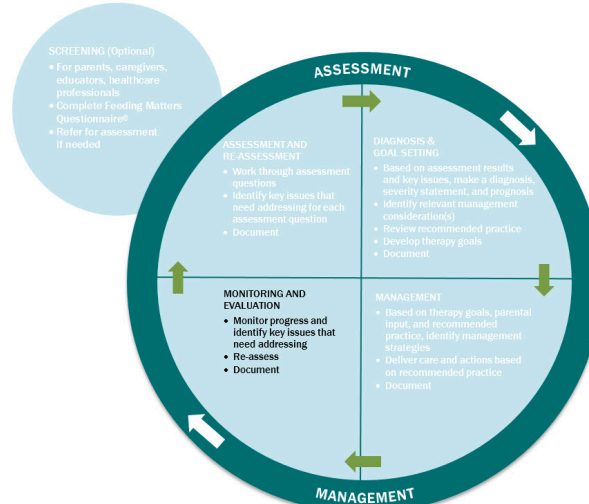
Dr.Elliot Hirshonへのインタビューまとめ

- 臨床の流れ: 問診票で患者のバックグラウンドを取得、オンラインで認知機能アセスメント、スタッフが問診をして、Dr.が神経学的検査(ベッドサイドやVNG)、さらにqEEG、血液検査、全てを行ってから治療プランを提案
- ターゲット: 慢性疾患、代謝性の問題、糖尿病、ニューロパチー、甲状腺疾患、脳震盪などを主に診療
- ケアの頻度: 短期集中ケアを試すこともあるが、主に週に2-3回を数ヶ月に渡るケアが多く、自宅での運動方法を指導

©Susumu Ikeda (NCJ)

アセスメント & マネージメント

Figure 11: Pediatric Feeding Care Cycle
(NSW Office of Kids and Families, 2016).



synaptic integration シナプス統合

空間的加重

- ▶ 一つの神経細胞に対する同時におこる複数のシナプス入力の累積効果。

時間的加重

- ▶ 一つのシナプスにおける連続的な興奮性シナプス後電位の累積効果。

Spatial Summation

- ▶ The cumulative effect of inputs from multiple presynaptic sources on a single cell occurring at the same time

Temporal Summation

- ▶ Cumulative EPSP's that result from the firing of a single neuron, repeatedly, before the previous signal degrades

コミュニケーション

- マネージメントにおいて：患者と目標を共有、予後を話す、予測されることを、失われるであろう機能、家族との関わり

– Bernacki, R. E., & Block, S. D. (2014). Communication about serious illness care goals: A review and synthesis of best practices. *JAMA Internal Medicine*. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2014.5271>

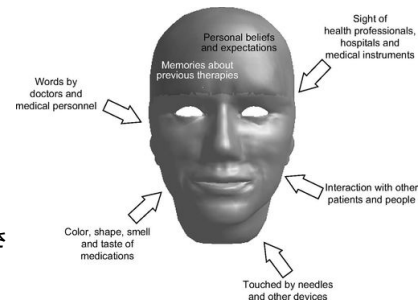
- 患者が治療内容を理解しないと治療成果にもマイナスに影響する。患者との信頼関係は治療成果に重要

– McCabe, R., & Healey, P. G. T. (2018). Miscommunication in Doctor–Patient Communication. *Topics in Cognitive Science*. <https://doi.org/10.1111/tops.12337>

- 過去の嫌な経験、親で感じる情報や同意書に記載されるリスクにより、望まない反応が引き起こされたり、治療効果が減少する可能性がある(ノセボ効果)

- セラピーとそのコンテキスト(外部環境や精神活動)はセラピーの成果に影響する(プラセボ反応)

– Benedetti, F. (2013). Placebo and the new physiology of the doctor-patient relationship. *Physiological Reviews*. <https://doi.org/10.1152/physrev.00043.2012>

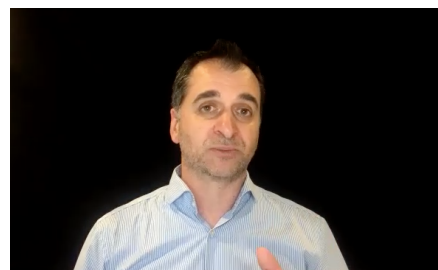


https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/physrev.00043.2012?fbclid=IwAR2oF3oLMqbGzWs_kSOjLW8OcYb6QQqM1ym9bYjVWhAIHHzvPadAh2esU-Q

©Susumu Ikeda (NCJ)

Dr. Carlo Rinaudo

- 臨床神経科学・スポーツの専門課程を経たオーストラリアのカイロプラクター
- アメリカカイロプラティック神経学会認定
- 20年以上の臨床経験を持ち、特にめまい・脳震盪・バランスに関連した症状を持つ人々を数多く助けている
- 現在、前庭系セラピーの博士号候補。Applied Kinesiology認定。



©Susumu Ikeda (NCJ)

Dr. Carlo Rinaudoへのインタビュー(前半)まとめ

- ・ ターゲット: 前庭系疾患(とくに中枢前庭障害)、脳震盪、脳卒中、発達障害、不安症、気分障害、偏頭痛、むち打ちなど
- ・ 「末梢の問題は必ず中枢系に影響する(体の問題は脳に影響を与える)」
- ・ 臨床の流れ: Dr.が問診し検査をオーダー、スタッフが検査実施(qEEG, VNG, CDP, HRV, 反応速度、認知機能、インタラクティブメトロノーム)、Dr.がベッドサイド検査を行い、全ての検査結果を踏まえて、治療プランを提案
- ・ マニュアルセラピーは脳に大きなインパクト、局所的な効果だけではなく、脳に影響がある

©Susumu Ikeda (NCJ)

The Purpose of the Brain

脳の目的

シグナルを受け取る

環境からの全ての情報は受容器と抹消神経を経て脳に辿り着かなければならない

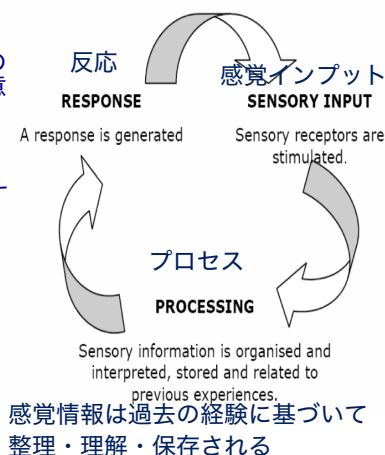
シグナルを解釈する

反射を除き、脳はその情報を、他の受容器や過去のものと比較し、そして感情に基づき近くを解釈、意味を与える。

反応を伝える

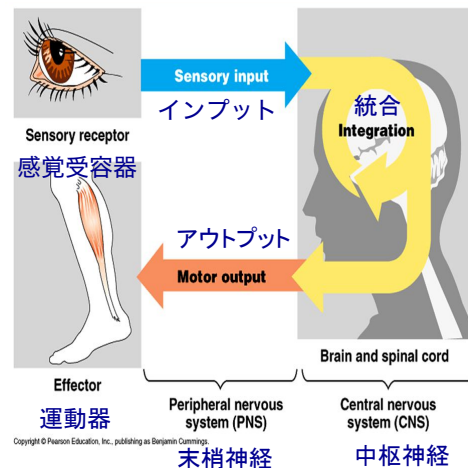
脳は生体の生存と繁栄のために環境に適した反応をする。

- ・ Receive Signals
 - ・ The brain has to be able to receive information from the environment through receptors and peripheral nerves
- ・ Interpret Signals
 - ・ The brain then has to be able to process that information, compare it against other receptors, memory, and emotions to interpret and assign a meaning to its perception. Except reflexes.
- ・ Transmit Responses
 - ・ The brain needs to transmit an appropriate response to the environment, to promote survivability and reproduction



©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

the quality of output is related to quality of input
 アウトプットの質はインプットの質に比例する



©Dr. Carlo Rinaudo, translated with permission

我々の身体は機能保つためにありとあらゆる手段を尽くす
 -Our body is a compensating machine...

- 脳は環境に適応し遂行すべき機能を果たすため、代償を生み出す
 - 機能の遂行のため、ありとあらゆる代償を行う
- 代償が非効率な活動の原因となり、痛みや疲労の原因となることがある。脳の代償は体の代償動作として現れる場合がある

©Susumu Ikeda (NCJ)

<http://www.biotensegrity.com/> <https://www.youtube.com/watch?v=BzgxYpDyO0M&feature=youtu.be>

腰痛患者と健常者の筋肉の“反応速度”の違い

- 健常者と腰痛持ちグループの、荷重を急に離れた際の、背中の筋肉活動・反応速度を比較したところ、腰痛持ちグループは健常者と比べて、反応速度が遅かった
- さらに腰痛持ちグループでは拮抗筋が活性化されるのと同時に主動筋も活性化されたままであったが、健常者の場合、主動筋から拮抗筋へ活動が移行していることがわかった
 - 腰痛持ちの補完的動作の原因や、腰を痛める要因につながっているのではないかと考えられている



* 実際の研究で行われたquick-release methodではありません

Radebold, A., Cholewicki, J., Panjabi, M. M., & Patel, T. C. (2000). Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine*, 25(8), 947–54. <http://doi.org/citeulike-article-id:411531>

©Susumu Ikeda (NCJ)

呼吸と姿勢の関連性

- 安静起立時における呼吸と重心位置の変化を、健常者と腰痛持ちで比較した時、呼吸と連動した重心位置の揺れが腰痛持ちのグループのほうが大きい

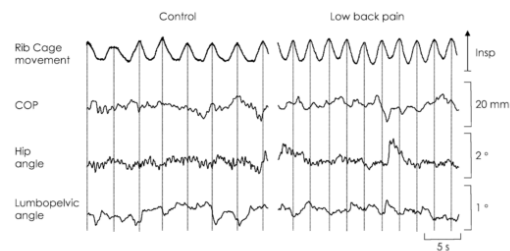


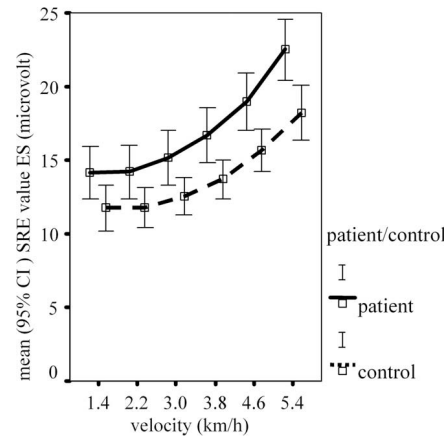
Fig. 2 Ribcage movement, COP displacement and angular motion of body segments of a representative control and LBP subject during quiet breathing. *Dashed lines* are aligned to the inspiratory peaks to facilitate inspection of the respiration-related changes in COP. In the control subject, note the presence of small amplitude changes in the hip and lumbopelvic angle that are in phase with respiratory movement of the chest wall. In the LBP subject, note the larger and more consistent peaks in the COP at the frequency of respiration

Grimstone, S. K., & Hodges, P. W. (2003). Impaired postural compensation for respiration in people with recurrent low back pain. *Experimental Brain Research*, 151(2), 218–224. <http://doi.org/10.1007/s00221-003-1433-5>

©Susumu Ikeda (NCJ)

歩行時の筋活動

- 健常者に比べ慢性腰痛患者の胴体部の筋肉活動は亢進していることが考えられており(“guarding”メカニズム)、歩行時における慢性腰痛患者の脊柱起立筋などの筋活動は、健常者よりも高く、歩行のスピードが加速すると筋活動も増加した



van der Hulst, M., Vollenbroek-Hutten, M. M., Rietman, J. S., & Hermens, H. J. (2010). Lumbar and abdominal muscle activity during walking in subjects with chronic low back pain: Support of the “guarding” hypothesis? Journal of Electromyography and Kinesiology. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.03.009>

©Susumu Ikeda (NCJ)

膝の怪我で脳が変化する

- オハイオ大学の研究:ACL手術後のリハビリには、ただ膝をリハビリすれば良いのではなく、脳のリハビリが必要
- ACL損傷後、脳の脚を動作する部位の活動の“遅れ”が観測された
- 膝の怪我によって脳が膝からの情報・膝の安定性を信じられなくなってしまう情報処理の仕方変化し、膝のバイオメカニクスに影響する
- ACLの怪我を負った人々の場合、固有感覚が低下し、より視覚に頼った動作へと移行、本能的・自然にといった動作ができなくなる
- ACL損傷後にスポーツに戻った場合、再度、怪我をする危険性が30-40倍高まる
- サンングラスにより、視覚情報を阻害し、膝の固有感覚を使わせる



<https://www.medical.ox.ac.uk/blog/how-a-knee-injury-changes-your-brain-1>

Grooms D, Appelbaum G, Onate J. Neuroplasticity Following Anterior Cruciate Ligament Injury: A Framework for Visual-Motor Training Approaches in Rehabilitation. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Published 2015. doi: 10.2519/jospt.2015.5549

©Susumu Ikeda (NCJ)

mTBI

- 米国では毎年160～380万人がスポーツ関連脳震盪(SRC)が発生している。
- NFLの元選手やその家族がNFLは脳震盪対策を怠ってきたことを訴訟。2014 年夏頃に、NFL は、元選手らに対し、検査プログラムや CTE などを発症した場合の保証など \$ 870M(約 1000 億円)もの負担をする和解

Sportsmedicine 2015 NO.168

©Susumu Ikeda (NCJ)

脳震盪

- 脳震盪は頭、顔、首への直接の衝撃または頭に伝わる他の身体への衝撃によって引き起される
- 脳震盪≠意識を失うもの
- 力学的な作用によって生じる神経機能不全
- 構造的な損傷がなくともではなくとも、機能的な障害を起こす可能性がある
- 電解バランス、代謝変調、神経伝達システムの変化、機能的結合の変化なども原因となりうる
- 一般的画像所見では異常が見られない

©Susumu Ikeda (NCJ)

頭部外傷 10か条の提言

- 日本においても、脳震盪は深刻な問題であり、治療法のゴールドスタンダードが定まっていない
- スポーツによる頭部外傷は稀なものではなく、対応に苦慮する例も多い。(一般社団法人日本臨床スポーツ医学会誌: Vol.28 No.4, 2020, S77)

一般社団法人日本臨床スポーツ医学会 学術委員会 脳神経外科部会

©Susumu Ikeda (NCJ)

スポーツにおける脳振盪に関する共同声明

- 脳振盪は頭部、顔面、頸部への直接的な打撃もしくは頭部へ伝播する他部位への衝撃によって生じる。
- 典型的な脳振盪では、自然に回復する短時間の神経機能障害が急激に起こるが、ときに症状が分～時間単位で続くことがある。
- 脳振盪が神経組織の病理学的変化を生じている可能性は否定できないが、急性期の臨床症状は主に解剖学的障害よりも機能的障害を反映しており、**一般的な神経画像検査では異常は見られない**。
- 脳振盪はさまざまな重症度の臨床徴候を示し、意識障害は伴ったり伴わなかったりする。臨床症状や認知機能は通常、時間経過とともに順次軽快するが、ときに症状が長引くことがある。臨床的な兆候や症状は、いわゆるドラッグやアルコール、服薬履歴やほかの合併損傷（例えば頸部損傷や末梢性の前庭機能異常など）あるいは他疾患（心理的要因や合併する医学的状態など）では説明がつかない。

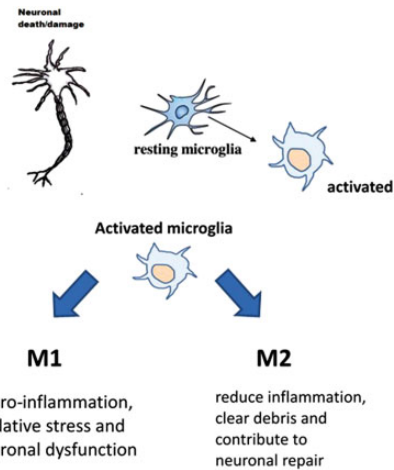
スポーツにおける脳振盪に関する共同声明-第5回 国際スポーツ脳振盪会議(ベルリン, 2016)- 解説と翻訳, 神経外傷 42(2019)1-34

https://www.jstage.jst.go.jp/article/neurotraumatology/42/1/42_1/_article/-char/ja/

McCrory P, Meeuwisse W, Dvorak J, et al. Consensus statement on concussion in sport — the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. Br J Sports Med 51: 838-847, 2017

©Susumu Ikeda (NCJ)

脳の炎症



Banks, R. E., & Domínguez, D. C. (2019). Sports-Related Concussion: Neurometabolic Aspects. *Seminars in Speech and Language*. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1679887>

©Susumu Ikeda (NCJ)

SCAT5

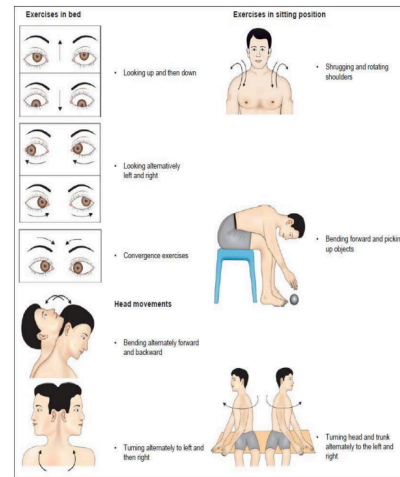
スポーツにおける脳振盪に関する共同声明-第5回 国際スポーツ脳振盪会議(ベルリン, 2016)- 解説と翻訳, 神経外傷 42(2019)1-34

https://www.jstage.jst.go.jp/article/neurotraumatology/42/1/42_1/_article/-char/ja/
このリンクよりダウンロードが可能です

McCrory P, Meeuwisse W, Dvorak J, et al. Consensus statement on concussion in sport — the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *Br J Sports Med* 51: 838–847, 2017

脳震盪の治療

- 「SRC後の治療の原則は、安静と段階的な負荷の増強である」
- 安静→症状再燃閾値を下回る程度の段階的復帰
- 「受傷後にめまいやふらつきなどが遷延する場合には眼球運動やバランストレーニングなどの前庭機能のリハビリが有効な場合があり、Cawthorne-Cooksey exerciseのほか、SRC後の眼症状や前庭機能評価に用いられるVOMSがリハビリとしても有用である。」



International Journal of Advanced Research (2015), Volume 3, Issue 5, 1350-1362

一般社団法人日本臨床スポーツ医学会誌: Vol.28 No.4, 2020, S106

©Susumu Ikeda (NCJ)

Vestibular/Ocular-Motor Screening (VOMS) for Concussion



Figure 1. Smooth pursuits.



Figure 2. Horizontal saccades.

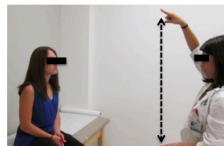


Figure 3. Vertical saccades.

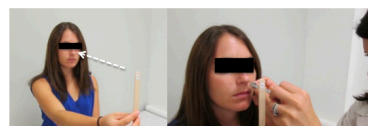


Figure 4. Convergence

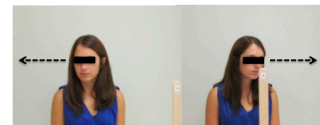


Figure 5. Horizontal VOR.

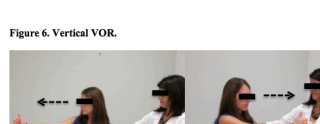


Figure 6. Vertical VOR.



Figure 7. VMS.

<https://www.physiotherapyalberta.ca/files/vomstool.pdf>

眼球運動と脳震盪

- 約90%のmTBI患者が眼球運動の障害を呈する
 - Ciuffreda KJ, Rutner D, Kapoor N, Suchoff IB, Craig S, Han ME. Vision therapy for oculomotor dysfunctions in acquired brain injury: A retrospective analysis. *Optometry* 2008;79(1):18–22.
 - Szymanowicz D., Ciuffreda K.J., Thiagarajan P., Ludlam D.P., Green W., and Kapoor N. (2012). Vergence in mild traumatic brain injury: a pilot study. *J. Rehabil. Res. Dev.* 49, 1083–1100
 - Thiagarajan P., Ciuffreda K.J., and Ludlam D.P. (2011). Vergence dysfunction in mild traumatic brain injury (mTBI): a review. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 31, 456–468
 - Ciuffreda K.J., Kapoor N., Rutner D., Suchoff I.B., Han M.E., and Craig S. (2007). Occurrence of oculomotor dysfunctions in acquired brain injury: a retrospective analysis. *Optometry* 78, 155–161
 - Kapoor N., and Ciuffreda K.J. (2002). Vision disturbances following traumatic brain injury. *Curr. Treat. Options Neurol.* 4, 271–280

©Susumu Ikeda (NCJ)

臨床例のルール

- 患者様のプライバシー保護にご協力ください。認可された個人の受講者以外の目に触れないよう、最大限の配慮をお願い致します。
- 公共の場所において、第三者の目に触れないようにご配慮をお願い致します。
- 臨床例は臨床神経科学の応用例、アカデミックな知識の説明を行う目的のみで使用されます。知らないことがあるのは当然であり、また臨床例で 사용되는手法をそのまま自分の患者に当てはめることは絶対に不可能であることを忘れないでください。
- 臨床例の提示に協力してくださる患者さんへのリスペクトを忘れないでください。
- 臨床における「絶対的に正しい答え」はありません。自分以外が用いる手技的療法・アプローチ等の批判は控えましょう。

©Susumu Ikeda (NCJ)

Dr.Traster's case

- 脳震盪: 認知機能低下(集中力↓記憶力↓ブレインフォグ)疲労、吐き気
動作緩慢、睡眠障害、しびれ、不安、イライラ、感情的になりやすい
- 認知機能テスト: 正常
- バランス: 「開眼から閉眼でのバランス低下は通常2-3%、多くとも5-8%」
 - 固い面で開眼(95%)→固い面で閉眼(79%)
 - 柔らかい面で開眼(91%)→柔らかい面で閉眼(71%)
 - 柔らかい面で閉眼+右回旋(38%)
 - 柔らかい面で閉眼+左回旋(49%)
 - 柔らかい面で閉眼+屈曲(74%)
 - 柔らかい面で閉眼+伸展(74%)
 - 柔らかい面で閉眼+メンタルタスク(83%)

©Susumu Ikeda (NCJ)

頭位とバランス

Table 3. Stability score (mean and SEM) for the different head positions for the two groups (healthy controls and patients). The repeated measures GLM results of the differences from the head neutral reference position for each group are also included.

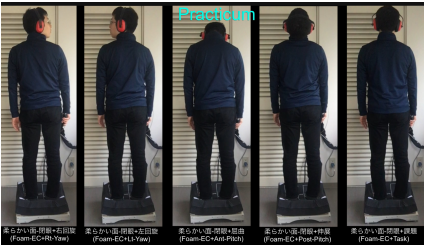
	Head Position	Mean	Std Error	Significance <i>p</i>	Partial Eta Squared	Observed Power
Controls (<i>n</i> = 60)	Head neutral (reference)	81.679	0.447			
	Head Right	82.007	0.476	0.305	0.019	0.174
	Head Left	81.769	0.422	0.794	0.001	0.058
	Head Flexed	82.761	0.428	0.002	0.152	0.891
	Head Extended	75.164	0.847	0.000	0.529	1.000
Patients (<i>n</i> = 575)	Head neutral (reference)	71.753	0.747			
	Head Right	70.632	0.769	0.043	0.007	0.525
	Head Left	70.401	0.779	0.025	0.009	0.614
	Head Flexed	72.236	0.707	0.408	0.001	0.131
	Head Extended	58.391	0.954	0.000	0.287	1.000

Carrick, F. R., Pagnacco, G., Hunfalvy, M., Azzolino, S., & Oggero, E. (2020). Head position and posturography: A novel biomarker to identify concussion sufferers. *Brain Sciences*. <https://doi.org/10.3390/brainsci10121003>

©Susumu Ikeda (NCJ)

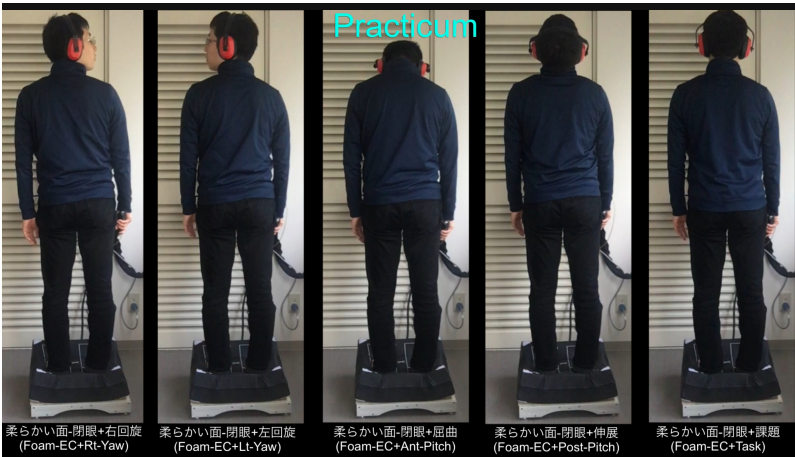
practicum

- 固い面で開眼
- 固い面で閉眼
- 柔らかい面で開眼
- 柔らかい面で閉眼
- 柔らかい面で閉眼+右回旋
- 柔らかい面で閉眼+左回旋
- 柔らかい面で閉眼+屈曲
- 柔らかい面で閉眼+伸展
- 柔らかい面で閉眼+メンタルタスク



©Susumu Ikeda (NCJ)

バランス評価



Firm-EO	Firm-EC	FOAM-EO	FOAM-EC	FOAM-EC+Rt yaw	FOAM-EC+Lt yaw	FOAM-EC+Ant-Pitch	FOAM-EC+Post-Pitch	FOAM-EC+Task
0.3	0.3	0.5	1.0	1.1	1.6	1.2	2.6	1.0

©Susumu Ikeda (NCJ) Mean COG Sway velocity=deg/sec

OPK

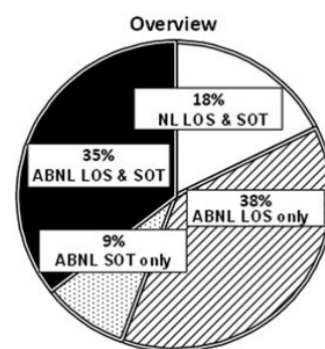
- OPK systemを評価しているのではない
 - Optokinetic systemのみを評価するためには、視界いっぱいの刺激or VRテクノロジーを使用、or 患者を回転させ、回転中の眼振と暗闇のOKAN(optokinetic after nystagmus)を検査する
- 追跡-サカード運動の左右差を比較するのに有用
- 急速期(quick phase)-緩慢期(slow phase)の比較
 - Quick phase=サカード/Slow phase=円滑性追跡



Leigh, JR, Zee, DS. The Neurology of Eye Movements 4e. p158, 218,
<https://www.liverpool.ac.uk/~pcknox/teaching/Eyemovs/params.htm> ©Susumu Ikeda (NCJ)
<https://www.dizziness-and-balance.com/practice/nystagmus/okn.htm>

安定性限界 Limits of Stability

- SOT(The Sensory Organization Test)は前庭系・視覚系・固有感覚系に関するバランス評価のゴールドスタンダードとして、脳震盪のバランス評価にも広く用いられる
 - 静止したバランステストで、姿勢の揺れを計測
- LOSは「支持基底面を変えずに身体の位置、特に重心を維持できる範囲」
 - LOSの減少は、脳卒中・パーキンソン病などの患者にみられ転倒リスクの増加につながる
- 外傷性脳障害(mild~moderate)は脳のどの部位にも影響を与える可能性から、運動野を含むネットワークにも影響を与える可能性があり、SOTだけではなく、LOSのようなダイナミックなバランステストが重要な場合がある



Row, J., Chan, L., Damiano, D., Shenouda, C., Collins, J., & Zampieri, C. (2019). Balance assessment in traumatic brain injury: A comparison of the sensory organization and limits of stability tests. Journal of Neurotrauma. <https://doi.org/10.1089/neu.2018.5755>

©Susumu Ikeda (NCJ)

Functional Reach Test (FRT)

- Duncanら(1990)はFRTが安価で簡単に行えるダイナミックバランスのテストとして報告

— Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journals of Gerontology*. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>

- Jonssonら(2002)の研究によると、FRTのリーチ距離と重心の移動距離の関連性は低いと報告

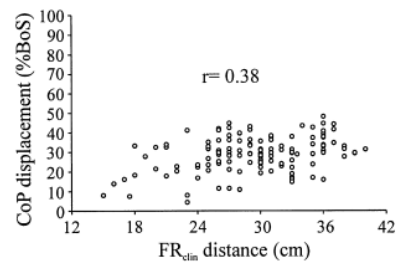


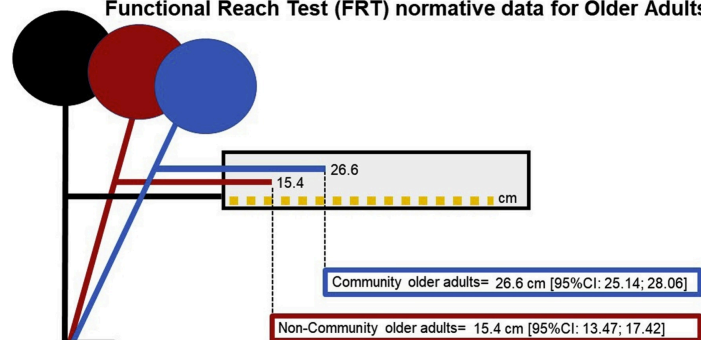
Fig. 2. Relation of centre of pressure (CoP) anterior displacement expressed as percentage of base of support (%BoS) and FR_{clin} distance for all trials.

Jonsson, E., Henriksson, M., & Hirschfeld, H. (2003). Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people? *Journal of Rehabilitation Medicine*, 35(1), 26–30. <https://doi.org/10.1080/165019703060699>

©Susumu Ikeda (NCJ)

Functional Reach Test (FRT)

Functional Reach Test (FRT) normative data for Older Adults



Rosa, M. V., Perracini, M. R., & Ricci, N. A. (2019). Usefulness, assessment and normative data of the Functional Reach Test in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.11.015>

- FRTは高齢者やパーキンソン病などの転倒リスク検出の評価の1つとして使われることがある

A. L. Behrman, K. E. Light, S. M. Flynn, and M. T. Thigpen, "Is the functional reach test useful for identifying falls risk among individuals with Parkinson's disease?" *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 83, no. 4, pp. 538–542, 2002.

L. de Waroquier-Leroy, S. Bleuse, R. Serati et al., "The Functional Reach Test: strategies, performance and the influence of age," *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 57, no. 6-7, pp. 452–464, 2014.

©Susumu Ikeda (NCJ)

安定性限界 Limits of Stability

- ・ 鎌田氏ら(2008)は「実際と知覚のLOSに不一致が生じると転倒リスクになると仮定」し、「FRTを実際のLOSの指標(actual LOS:ALOS).....、FR測定前に、対象者に自分の拳が'どれだけ前に届くか'を質問し、リーチ可能と答えた位置と上肢長の差を知覚されたLOSの指標(Perceived LOS:PLOS)とした」
 – 「LOSの過大評価が高齢者の転倒を助長する」

Vol.32 Suppl. No.2 (第40回日本理学療法学会大会 抄録集)
 セッションID: 1038 , <https://doi.org/10.14900/cjpt.2004.0.A1038.0>

©Susumu Ikeda (NCJ)

安定性限界 Limits of Stability

- ・ Bobowik氏ら(2020)はFRTだけでは、転倒リスク検出に十分ではないが、高齢者の機能効率性を評価するために利用できる」と報告
- ・ さらに転倒リスク評価のためには静止状態のバランス評価だけではなく、複数のダイナミックバランス評価を行うことが効果的」と報告

Bobowik, P., Wiszomirska, I., Leś, A., & Kaczmarczyk, K. (2020). Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women. *BioMed Research International*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/2065201>

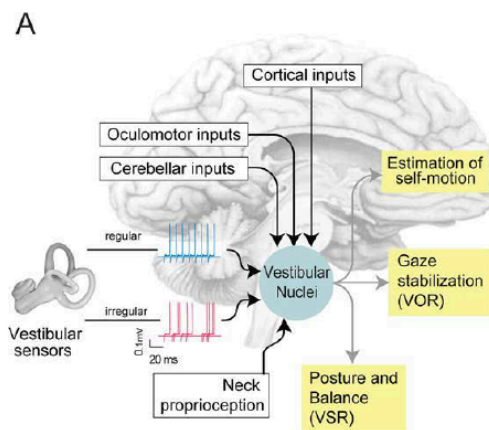
©Susumu Ikeda (NCJ)

Dr.Traster's case

- 脳震盪: 認知機能低下(集中力↓記憶力↓ブレインフォグ)疲労、吐き気
動作緩慢、睡眠障害、しびれ、不安、イライラ、感情的になりやすい
- 認知機能テスト: 正常
- バランス: 姿勢制御システムに異常
 - 姿勢-運動系(Postural-motor system)の代償に問題あり
 - 視覚系-認知機能で過剰に代償
 - 小脳-前庭系の機能低下
 - BPPV→前庭系の統合エラー??
 - 頸椎関節位置情報-前庭系との統合エラー
- Re-evaluation: バランス改善→主訴の改善(認知・疲労)
- 認知機能の問題はバランス・姿勢制御の問題の副次的な産物
 - 無理のかかっている(非効率な)代償をストップし、小脳-前庭系のネットワークを回復させて、効率の良い姿勢運動制御機能を取り戻す

©Susumu Ikeda (NCJ)

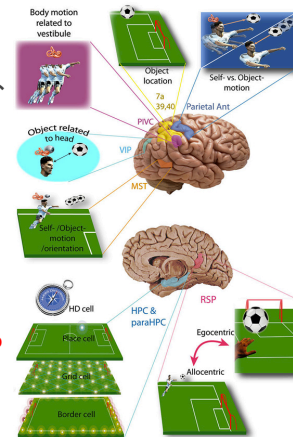
認知機能がバランスを代償?



Cullen, K. E. (2012). The vestibular system: Multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. Trends in Neurosciences. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.12.001>

バランスの重要性

- 前庭系はバランス障害と認知障害をつなぐ鍵だと考えられる
- 前庭系と皮質の解剖学・機能的繋がりが明らかになり始め、前庭系と記憶、空間認識、体性感覚自意識などの認知機能とのつながりが明らかになってきている
 - Vestibulo-thalamo-cortical路:空間認識
 - Dorsal tegmentum nuclei->anterodorsal nucleus of thalamus->嗅皮質:頭部移動情報
 - nucleus reticularis pontis oralis->海馬:記憶
 - 小脳:空間学習能力
 - 大脳基底核:空間学習
- 従来、前庭系は単にバランス維持という機能だけに作用すると考えられてきたが、近年、精神的症状にも関係する認知機能にも影響を及ぼすことがわかってきており、バランス機能に問題が見られなくても、前庭機能障害が認知機能の問題を引き起こすことが示唆されている



Leandri, M., Campbell, J., Molfetta, L., Barbera, C., & Tabaton, M. (2015). Relationship between Balance and Cognitive Performance in Older People. *Journal of Alzheimer's Disease*. <https://doi.org/10.3233/JAD-142883>

Hitier, M., Besnard, S., & Smith, P. F. (2014). Vestibular pathways involved in cognition. *Frontiers in Integrative Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00059>

アルツハイマー病と前庭機能低下

Vestibular loss as a contributor to Alzheimer's disease

Fred H. Previc *

Texas A&M University – San Antonio, One University Way, San Antonio, TX 78224, United States

ARTICLE INFO

Article history:
Received 1 August 2012
Accepted 25 December 2012
Available online xxxxx

ABSTRACT

Alzheimer's disease is a complex disorder whose etiology is still controversial. It is proposed that vestibular loss may contribute to the onset of Alzheimer's disease, which initially involves degeneration of cholinergic systems in the posterior parietal-temporal, medial-temporal, and posterior-cingulate regions. A major projection to this system emanates from the semicircular canals of the vestibular labyrinth, with vestibular damage leading to severe degeneration of the medial-temporal region. The vestibular loss hypothesis is further supported by the vestibular symptoms found in Alzheimer's patients as well as in various diseases that are major risk factors for Alzheimer's disease.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Previc, F. H. (2013). Vestibular loss as a contributor to Alzheimer's disease. *Medical Hypotheses*. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2012.12.023>

Take home message

- Dr.E: 機能神経学と機能性医学のバランスをとり、偏り過ぎない考え方が重要。検査結果を踏まえて、**患者への詳細な説明と目標設定を共有**すること。短期集中ケア or 間隔を空けながらも自宅での運動方法を指導
- Dr.R: 「末梢の問題は必ず中枢系に影響する(体の問題は脳に影響を与える)」
- **脳は環境に適応し遂行すべき機能を果たすため、代償を生み出す**
- Dr.T: 脳の代償しているネットワークを見つける。どこネットワークが過剰・過少活動しているのかを評価し、機能低下しているネットワークの回復や、より良い代償方法で脳の効率性を改善する。意図したネットワークが患者毎のコンテキストに合わせて、機能できるようにする
 - 予後・目標を患者と共有する

©Susumu Ikeda (NCJ)