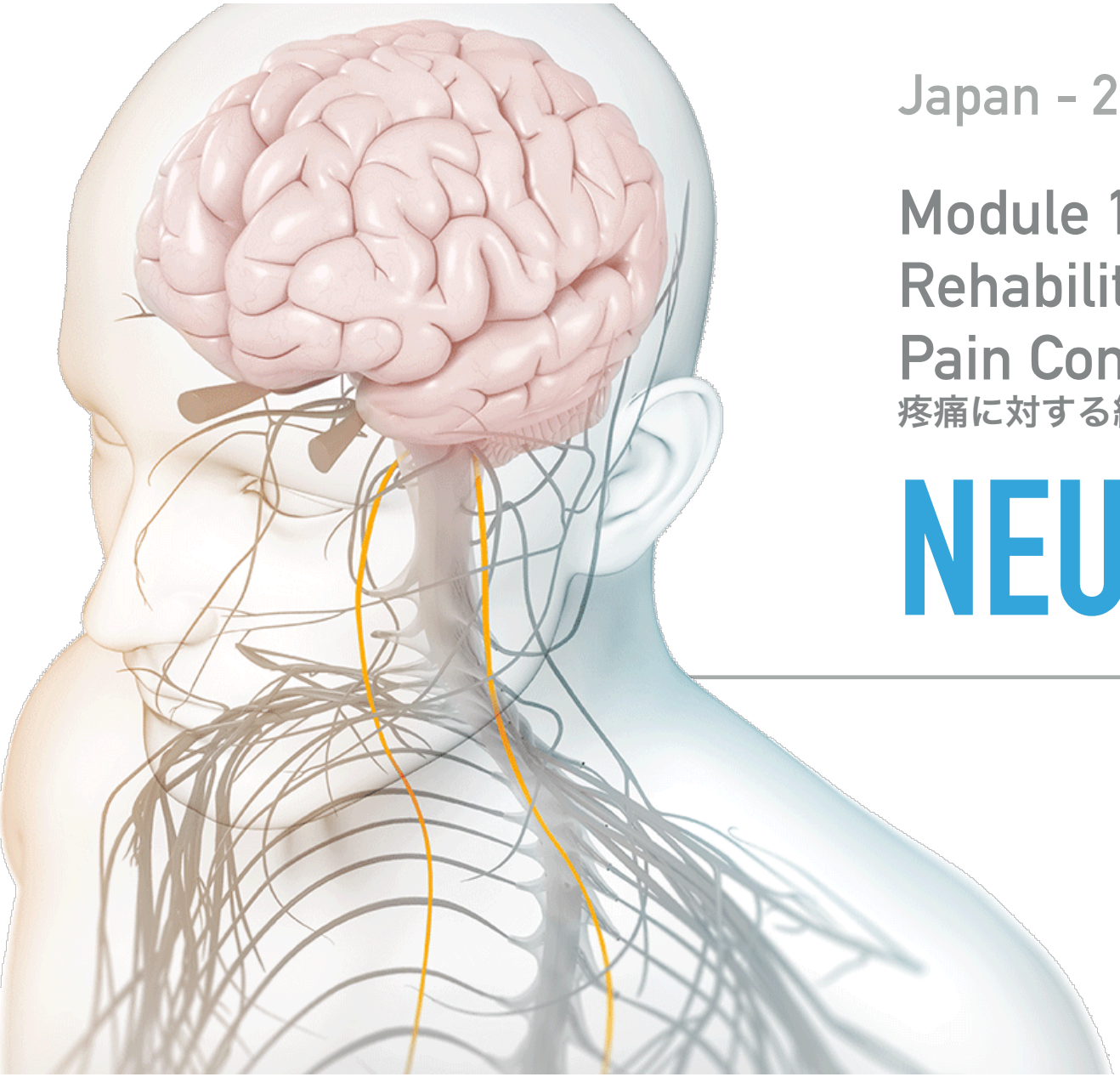


Japan - 2026 Pain Series

Module 1: Integrative Neuro-Rehabilitation Applications for Pain Conditions

疼痛に対する統合的神経リハビリテーションの臨床応用

NEUROCONNECT

Dr Carlo Rinaudo

BMedSci(Hons) MChiro ICSSD DACNB PhD
FIBFN-CND FAICE (2021)

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CONTENT TO BE COVERED

1. What is Pain and Nociception
2. How to assess and manage Pain with a brain-based approach
3. Different types of head and facial pain
4. Neuro-rehabilitation

1. 疼痛と侵害受容とは何か
2. 脳機能に基づくアプローチによる疼痛の評価とマネジメント
3. 頭部痛および顔面痛のさまざまなタイプ
4. 神経リハビリテーション



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

KEY POINTS

- ✓ Pain is a perceived sensation (alarm) recognised by the brain
- ✓ Pain is an output of the brain
- ✓ Accuracy of pain perception (to reality) is a product of our
  - ✓ previous experience
  - ✓ neural circuity (neuroplasticity)
  - ✓ environment context
  - ✓ intention



- ✓ 疼痛は、脳によって認識される知覚された感覚、すなわち「警報」である。
- ✓ 疼痛は脳からの出力である。
- ✓ 疼痛知覚が現実に対してどの程度正確であるかは、以下の要素によって形成される。
  - ✓ 過去の経験
  - ✓ 神経回路／神経可塑性
  - ✓ 環境的文脈
  - ✓ 意図・目的

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LOW BACK AND NECK PAIN BURDEN

In 2015, low back and neck pain were ranked the fourth leading cause of disability-adjusted life years (DALYs) globally, only preceded by:

- Ischemic heart disease
- cerebrovascular disease
- lower respiratory infection

In 2015, over half a billion people worldwide had low back pain and more than a third of a billion had neck pain of more than 3 months duration (= CHRONIC PAIN)

Low back and neck pain are the leading causes of years lived with disability in most countries and age groups

2015年時点で、腰痛および頚部痛は、世界における障害調整生存年（DALYs）の原因として第4位に位置づけられていた。これに先行する原因は以下の3つである。

・虚血性心疾患
・脳血管疾患
・下気道感染症

2015年時点で、世界中で5億人以上が腰痛を有し、さらに3億人以上が3か月を超えて持続する頚部痛を有していた。3か月を超えて持続する痛みは、慢性疼痛に分類される。腰痛および頚部痛は、多くの国および年齢層において、障害生存年数の主要な原因である。

Hurwitz EL, Randhawa K, Yu H, Côté P, Haldeman S. The Global Spine Care Initiative: a summary of the global burden of low back and neck pain studies. Eur Spine J. 2018;27(6):796-801

LUMBAR SPINE PAIN DEFINED BY LOCATION AND CHRONICITY
腰椎部痛：部位と慢性度による定義

- Low back pain is pain, muscle tension, or stiffness localized below the costal margin and above the inferior gluteal folds, with or without leg pain
- Acute: <6 weeks
- Subacute: 6 to 12 weeks
- Chronic: >12 weeks

- 腰痛とは、肋骨下縁より下方、かつ殿溝下縁より上方に限局する疼痛、筋緊張、またはこわばりを指す。
- 下肢痛を伴う場合も、伴わない場合もある。
- 急性：6週間未満
- 亜急性：6～12週間
- 慢性：12週間を超えるもの

1.Van der Heijden GJMG, Bouter LM, Terpstra-Lindeman E. The efficacy of traction for low back pain. Results of a pilot study.[In Dutch] Ned T Fysiotherapie 1991;101:37–43.
2.Bigos S, Bowyer O, Braen G, et al. Acute low back problems in adults. Clinical Practice Guideline no. 14. AHCPR Publication No. 95-0642. Rockville MD: Agency for Health Care Policy and Research, Public Health Service, US, Department of Health and Human Services. December 1994.

PREVELANCE　有病率

- Low back pain was shown to be a major problem throughout the world, with the highest prevalence among female individuals and those aged 40–80 years
- After adjusting for methodologic variation, the worldwide point prevalence was estimated to be 11.9% ± 2.0%, and the one-month prevalence was estimated to be 23.2% ± 2.9%
- 腰痛は世界中で大きな問題であり、女性および40〜80歳の年齢層で最も高い有病率を示すことが報告されている。
- 方法論上のばらつきを補正した後、世界全体における時点有病率は11.9％ ± 2.0％、1か月有病率は23.2％ ± 2.9％と推定されている。

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22231424

CHRONIC LBP　慢性腰痛

- Chronic low back pain prevalence was 4.2% in individuals aged between 24 and 39 years old and 19.6% in those aged between 20 and 59
- Chronic low back pain prevalence increases linearly from the third decade of life on until 60 years of age, and is more prevalent in women
- 慢性腰痛の有病率は、24〜39歳では4.2%、20〜59歳では19.6%であった。
- 慢性腰痛の有病率は、人生の第3年代以降、60歳まで直線的に増加し、女性により多くみられる。

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26487293

LBP

- Low back pain is a symptom, not a disease, and can result from several different known or unknown abnormalities or diseases
- There is insufficient evidence to support the existence of any such specific causes of LBP beyond malignancy, fracture, infection, or inflammatory disorders such as ankylosing spondylitis
- 腰痛は疾患ではなく症状であり、既知または未知のさまざまな異常や疾患によって生じる可能性がある。
- しかし、悪性腫瘍、骨折、感染、または強直性脊椎炎などの炎症性疾患を除いて、腰痛に特異的な原因が存在することを支持する十分なエビデンスはない。

Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A et al. What low back pain is and why we need to pay attention. Lancet. 2018; 391: 2356-2367

IS LBP SELF-LIMITING?　腰痛は自然に終息する問題なのか？

- Low back pain is not a self-limiting problem, but rather a recurrent and sometimes persistent disorder
- New knowledge concerning short-term trajectories indicates that the low back pain ”episode” is short-lived, at least in the primary care setting, with most patients improving
- In the long term, low back pain often runs a persistent course, with around two-thirds of patients estimated to be in pain after 12 months
- 腰痛は自然に終息する問題ではなく、むしろ再発性で、ときに持続性のある障害である。
- 短期的な経過パターンに関する新たな知見では、少なくともプライマリケアの現場においては、腰痛の「エピソード」は比較的短期間であり、多くの患者は改善することが示されている。
- 一方で、長期的には腰痛は持続的な経過をたどることが多く、12か月後にも約3分の2の患者が疼痛を有していると推定されている。

1.https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28355981

CHANCE OF RECURRENCE　再発率

- Six studies analyzed
- New subjective episode recurrence range of 24.1% (12
- months) to 58.6% at two years
- Documented recurrence (e.g., sick leave or medical visit) range of 9.3% (three months) to 77.1% (three years)
- 6件の研究が解析された。
- 新たな主観的エピソード再発、すなわち患者本人が自覚・報告した腰痛エピソードの再発率は、12か月で24.1%、2年で58.6%の範囲であった。
- 記録上確認された再発、たとえば病気休暇や医療機関の受診に基づく再発率は、3か月で9.3%、3年で77.1%の範囲であった。

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28355981

RISK FACTORS　危険因子

For the community (for a first-time ever occurrence), the following factors were the most robustly related:

- Standing or walking >2 hours a day
- Moving objects that weigh >25 lbs
- Widespread pain
- Limping
- Higher general health scores

For the community (for any occurrence), the following factors were the most robustly related:

- Standing or walking >2 hours per day
- Lifting or moving 25 lbs
- Sitting for 2 hours
- Strength <50%
- Depression
- Perceived inadequacy of income/job dissatisfaction

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24462537

地域住民における初回発症、すなわち生涯で初めて腰痛が発生したケースでは、以下の因子が最も強く関連していた。

•1日2時間を超える立位または歩行

•25ポンド、約11kgを超える物体の移動

•広範囲の疼痛

•跛行

•一般健康状態スコア高値

地域住民におけるすべての発症、すなわち初回発症に限らない腰痛の発生では、以下の因子が最も強く関連していた。

•1日2時間を超える立位または歩行

•25ポンド、約11kgの物体を持ち上げる、または移動すること

•2時間の座位

•筋力が50％未満であること

•抑うつ

•収入が不十分であるという認識、または仕事への不満

RISK FACTORS　危険因子

For an occupational setting, the following factors were the most robustly related:

- Female sex
- Obesity
- Increased driving time
- Slower velocity doing activities
- Perception of heavy lifting requirements
- Low MCS SF–12 scores

職域環境においては、以下の因子が最も強く関連していた。

- 女性であること
- 肥満
- 運転時間の増加
- 活動遂行速度の低下
- 重量物を持ち上げる必要があるという認識
- SF-12の精神的健康サマリースコア（MCS：Mental Component Summary）の低値

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24462537

TREATMENT OUTCOMES 治療成績

- Despite the intense focus and formal research on the care of nonspecific LBP, in the past two decades the results have been woefully disappointing
- A recent population-based study showed that a fivefold increase in the prevalence of LBP has occurred over a 15-year period
- Worldwide, musculoskeletal (MSK) disorders are the second most common cause of disability, having increased by 45% from 1990 to 2010
- Conditions such as osteoarthritis are expected to continue to rise with an increasingly obese, sedentary, and aging population
- 非特異的腰痛のケアに対して、これまで集中的な関心と正式な研究が行われてきたにもかかわらず、過去20年間の結果は非常に期待外れなものであった。
- 近年の人口ベース研究では、15年間で腰痛の有病率が5倍に増加したことが示されている。
- 世界的にみると、筋骨格系障害（MSK disorders）は障害の原因として2番目に多く、1990年から2010年にかけて45%増加している。
- 変形性関節症などの疾患は、肥満、座位中心の生活様式、そして高齢化が進む人口構造に伴い、今後も増加し続けると予測されている。

1.Pranksy G, Borkan JM, Young A, Cherkin D. Are we making progress? Spine. 2011;36:1608-14.

2.Freburger JK, Holmes GM, Agans RP., et al. The rising prevalence of chronic low back pain.

ECONOMIC IMPACT 経済的影響

- LBP causes more global disability than any other condition
- Out of all 291 conditions studied in the Global Burden of Disease 2010 study, LBP ranked highest in terms of disability (YLDs), and sixth in terms of overall
  daily burden (DALYs)
- DALYs increased from 58.2 million (M) (95% CI 39.9M to 78.1M) in 1990 to 83.0M (95% CI 56.6M to 111.9M) in 2010
- Prevalence and burden increased with age
- 腰痛は、他のどの疾患よりも大きな世界的障害を引き起こしている。
- Global Burden of Disease 2010研究で検討された全291疾患の中で、腰痛は障害生存年数（YLDs）において最も高く、全体的な疾病負担を示す障害調整生存年（DALYs）では第6位であった。
- DALYsは、1990年の5,820万年（95%信頼区間：3,990万～7,810万）から、2010年には8,300万年（95%信頼区間：5,660万～1億1,190万）へ増加した。
- 有病率および疾病負担は、年齢とともに増加した。

•https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24665116

SUMMARY SO FAR ここまでの要約

- The global prevalence of LBP is very high, as is the yearly and daily burden
- Recurrence rates of LBP are very high
- LBP is **not** a self-limiting disorder
- Our current management methods have not improved outcomes; we are worsening
- 腰痛の世界的な有病率は非常に高く、年間および日常生活における疾病負担も大きい。
- 腰痛の再発率は非常に高い。
- 腰痛は自然に終息する疾患ではない。
- 現在のマネジメント方法では治療成績は改善しておらず、むしろ状況は悪化している。

PATIENT INTAKE DATA 患者問診データ

- PRAPARE instrument (measure social determinants of health)
  - (Race, education, ethnicity, employment, migrant and/or seasonal farm work, insurance, veteran status, income, language, material security, housing status, transportation, address/ neighborhood, stress, housing stability, and social integration and support)
- Self-perceived general health condition
- Prior care (or ongoing care)
- Activity level
- Drugs (medications), alcohol and tobacco use
- Common health conditions
- PRAPAREツール　健康の社会的決定要因を評価するための指標
  - 人種、教育、民族性、雇用状況、移民労働または季節農業労働、保険加入状況、退役軍人 status、収入、言語、物質的安定性、住居状況、交通手段、住所／近隣環境、ストレス、住居の安定性、社会的統合およびサポート
- 自己認識による全般的健康状態
- 過去のケア、または現在継続中のケア
- 活動レベル
- 薬剤、アルコールおよびタバコの使用
- 一般的な健康状態・併存疾患

LBP COMORBIDITY　腰痛の併存疾患

A comorbidity is the presence of one or more additional secondary conditions co-occurring with a primary condition of interest

– Respiratory

– Musculoskeletal

– Cardiopulmonary

– Mental health

– Neurological

– Endocrine

– Sleep disorders

併存疾患とは、主たる対象疾患に加えて、1つまたは複数の二次的な疾患・状態が同時に存在していることを指す。

– 呼吸器系

– 筋骨格系

– 心肺系

– メンタルヘルス

– 神経系

– 内分泌系

– 睡眠障害

NONMECHANICAL PATIENT HISTORY 非機械的要因に関する患者病歴

- Night pain?
- Prior history of cancer?
- Psychosocial factors?
- Trauma?
- Bowel and bladder problems?
- Compromised bone density?
- This information has higher prevalence in some environments (e.g., ED)

- 夜間痛はあるか？
- がんの既往歴はあるか？
- 心理社会的因子はあるか？
- 外傷歴はあるか？
- 排便・排尿に関する問題はあるか？
- 骨密度の低下はあるか？
- これらの情報は、特定の環境ではより高い頻度でみられる。例：救急外来（ED）

1.https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31278933

MECHANICAL PATIENT HISTORY 機械的要因に関する患者病歴

- Mechanism of injury
- Prior history of low back pain
- Leg pain?
- Fear, depression, anxiety, etc.
- Lifestyle
- Behavior of condition
- Irritability
- Previous failed treatment?

- 受傷メカニズム
- 腰痛の既往歴
- 下肢痛はあるか？
- 恐怖、抑うつ、不安など
- ライフスタイル
- 症状の変化・挙動
- 刺激過敏性
- 過去に効果が不十分だった治療はあるか？

Cook C. Orthopedic Manual Therapy: An Evidence Based Approach. Prentice Hall: 2012

OUTCOME MEASURES アウトカム指標

- Poor agreement by experts
- Agreement for physical functioning, pain intensity, and
- health-related quality of life
  – These three should be gathered on all individuals
- Lack of consensus for work ability, pain interference, temporal aspects of pain, sleep, etc.
- 専門家間の一致度は低い。
- 身体機能、疼痛強度、健康関連QOLについては一致がみられる。
- この3項目は、すべての患者から収集すべきである。
- 就労能力、疼痛による活動障害、疼痛の時間的側面、睡眠などについては、コンセンサスが得られていない。

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29194127

OSWESTRY LBP QUESTIONNAIRE　OSWESTRY腰痛質問票

- Shown to be reliable and valid for LBP patients
- ~5 minutes to complete
- Rates level of disability
- 10 sections with 6 subsets each
- Each section scored 0–5
- If all sections completed, (X/50) x 100 = % of disability, and (X/45) if one section missed
- 腰痛患者に対して、信頼性および妥当性が示されている。
- 回答には約5分を要する。
- 障害レベルを評価する。
- 10項目で構成され、各項目に6つの選択肢がある。
- 各項目は0〜5点で採点される。
- すべての項目に回答されている場合、（X/50）×100＝障害率（%）として算出する。1項目が未回答の場合は、（X/45）×100で算出する。

Fairbank and Pynsent. The Oswestry Disability Index. Spine 2000;25:2940–2953

NUMERIC PAIN SCALE　数値疼痛評価スケール

- 0 to 10 (11-point scale)
- VAS
- MCID is considered to be 1.3 to 2 for mechanical neck pain
- 0〜10の11段階スケール
- VAS　視覚的アナログスケール
- 機械的頚部痛におけるMCID、すなわち最小臨床的重要差は、1.3〜2と考えられている。

Cleland et al. Psychometric properties of the Neck Disability Index and Numeric Pain Rating Scale in patients with mechanical neck pain. Arch Phys Med Rehabil. 2008;89:68-74

HEALTH-RELATED QOL　健康関連QOL

- The SF-12 is a multipurpose short-form survey with 12 questions, all selected from the SF-36 Health Survey
- The SF-12 is a non-disease-specific quality-of-life instrument
- It costs money to use it
- Scored from 0 to 100, where a 0 score indicates the lowest level of health measured by the scales and 100 indicates the highest level of health
- SF-12は、SF-36健康調査票から選択された12項目で構成される、多目的な短縮版質問票である。
- SF-12は、特定の疾患に限定されないQOL評価指標である。
- 使用には費用がかかる。
- スコアは0〜100で算出され、0点はその尺度で測定される健康レベルが最も低いことを示し、100点は最も高い健康レベルを示す。

•https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8628042

OBSERVATION – POSTURE　観察評価：姿勢

- There was strong evidence from six high-quality studies that there was **no association** between awkward postures and LBP
- It is therefore unlikely that awkward occupational postures are independently causative of LBP in the populations of workers studied
- Both positive and null associations between spine posture; prolonged standing, sitting, bending, and twisting; awkward postures; whole-body vibration; and components of heavy physical work were reported
- Results from meta-analyses were more consistently in favor of an association, whereas systematic reviews that included only prospective studies were less able to provide consistent conclusions
- 質の高い6件の研究から、不自然な姿勢と腰痛との間に関連はないという強いエビデンスが示された。
- したがって、研究対象となった労働者集団において、不自然な作業姿勢が単独で腰痛の原因となる可能性は低いと考えられる。
- 脊椎姿勢、長時間の立位・座位・屈曲・捻転、不自然な姿勢、全身振動、および重い身体作業の構成要素については、腰痛との関連が認められた報告と、関連が認められなかった報告の両方が存在する。
- メタ解析の結果は、関連性を支持する方向でより一貫していた一方、前向き研究のみを含めたシステマティックレビューでは、一貫した結論を示すことは難しかった。

Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S. Spine J. 2010 Jan;10(1):89-99.

CHANGING POSTURE　姿勢の変化

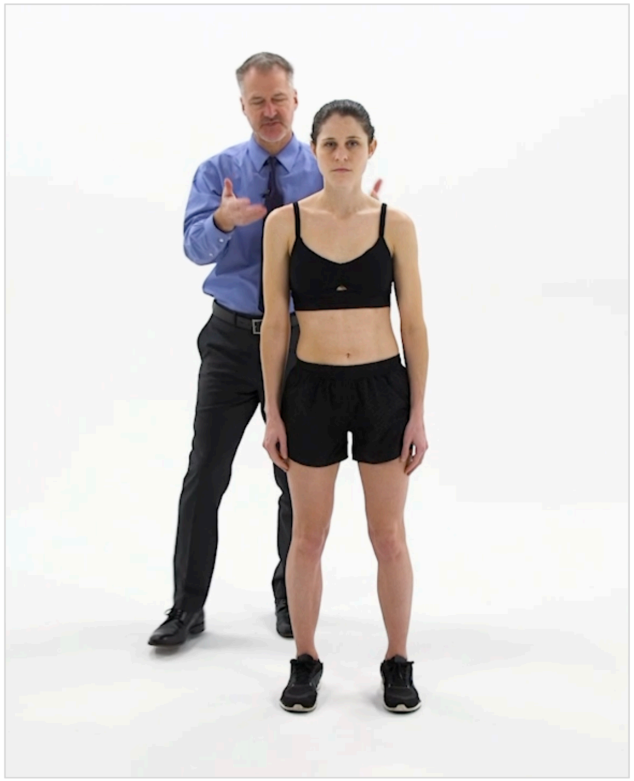
- Immediate pain reduction can be achieved by altering muscle-activation and movement patterns
- However, the combination for optimal success seems to be different for every individual
- Pain provocation tests help to “tune” the intervention. This also suggests that patient classification schemes may need more refinement to address this heterogeneity.
- 筋活動パターンおよび運動パターンを変化させることで、即時的な疼痛軽減が得られることがある。
- しかし、最適な結果を得るための組み合わせは、個人ごとに異なるようである。
- 疼痛誘発テストは、介入を「微調整」するために役立つ。これはまた、このような異質性に対応するためには、患者分類スキームをさらに洗練させる必要があることを示唆している。

Ikeda DM, McGill SM. Spine (Phila Pa 1976). 2012 Nov 1;37(23):E1469-75.

Structure	Finding
1° Disc	Flattened back
Radiographic instability	Excessive lordosis
SI joint dysfunction	Flattened back
2° Disc	Hypertrophic supraspinous ligament
Spine stenosis	Flattened back
Facet impingement	Flexed back, usually unilateral
Nerve root adhesion	Bad posture, avoids forward flexion

構造	所見
一次性椎間板障害	フラットバック
X線上の不安定性	過度な腰椎前弯
仙腸関節機能障害	フラットバック
二次性椎間板障害	棘上靱帯の肥厚
脊柱管狭窄症	フラットバック
椎間関節インピンジメント	腰背部の屈曲位、通常は片側性
神経根癒着	不良姿勢、前屈を避ける

LUMBAR SHIFT TEST – LUMBAR LIST　腰椎シフトテスト：腰椎リスト





Looking to reduce the list and see if provocates symptoms

腰椎リスト、すなわち側方偏位を軽減できるかを確認し、その際に症状が誘発されるかを評価する

TRIAGE AND SCREENING　トリアージとスクリーニング

- Identify the best tests used to diagnose red flag conditions of the low back region
- Compare and contrast different tests used for differential diagnosis
- Analyze the triggers that would prompt the use of a test for ruling out a condition
- Structural differentiation
- 腰部領域におけるレッドフラッグ疾患を診断するために、最も有用な検査を特定する。
- 鑑別診断に用いられる各種検査を比較し、その違いを理解する。
- ある疾患を除外するために検査を実施すべききっかけ・判断基準を分析する。
- 構造的鑑別を行う。

WHAT IS A RED FLAG?　レッドフラッグとは何か？

- Signs and symptoms found in the patient history and clinical examination that may tie a disorder to a serious pathology
- Rare, but occasionally present (<2% of cases)
- Also need to rule out nonmechanical findings
- Most guidelines suggest that “when something seems wrong, it might be wrong” is the best process
- 患者の病歴および臨床検査で認められる徴候・症状のうち、その病態が重篤な病理と関連している可能性を示すもの。
- まれではあるが、ときに存在する。症例の2%未満。
- 非機械的所見も除外する必要がある。
- 多くのガイドラインでは、「何かおかしいと感じる場合、それは実際におかしい可能性がある」
  という臨床判断プロセスが最も適切であると示唆されている。

Sizer P, Brismee JM, Cook C. Medical screening for red flags in the diagnosis and management of musculoskeletal spine pain. Pain Pract. 2007 Mar;7(1):53-71.

CATEGORIZING RED FLAGS　レッドフラッグの分類

- **Category I:** factors that require immediate medical attention
  - Nonmechanical pain distribution
  - Cauda equina dysfunction
  - Upper lumbar disc herniation in younger patients
  - Lumbar compression fracture
  - Spine cancer
  - Ankylosing spondylitis
  - Pelvic fracture or tumor
  - Sacral fracture
- **Category II:** factors that require subjective questioning and precautionary examination and treatment procedures
- **Category III:** factors that require further physical testing and differentiation analysis

- **カテゴリーI：直ちに医療的対応が必要な因子**
  - 非機械的な疼痛分布
  - 馬尾神経障害
  - 若年患者における上部腰椎椎間板ヘルニア
  - 腰椎圧迫骨折
  - 脊椎がん
  - 強直性脊椎炎
  - 骨盤骨折または骨盤腫瘍
  - 仙骨骨折
- **カテゴリーII：詳細な問診、注意を払った検査、および慎重な治療手順が必要な因子**
- **カテゴリーIII：追加の身体検査および鑑別分析が必要な因子**

Sizer P, Brismee JM, Cook C. Medical screening for red flags in the diagnosis and management of musculoskeletal spine pain. Pain Pract. 2007 Mar;7(1):53-71.

CAUDA EQUINA　馬尾症候群

- Rapid symptoms within 24 hours: 89% sensitivity
- History of back pain: 94% sensitivity
- Urinary retention: 90% sensitivity
- Loss of sphincter tone: 80% sensitivity
- Sacral sensation loss (saddle anesthesia): 85% sensitivity
- Sphincter disturbance (reduced tone)
- Fecal incontinence
- Gait disturbance

- 24時間以内に急速に症状が出現する：感度89%
- 腰痛の既往：感度94%
- 尿閉：感度90%
- 括約筋トーンの低下：感度80%
- 仙骨領域の感覚低下、すなわちサドル麻酔：感度85%
- 括約筋障害、すなわちトーン低下
- 便失禁
- 歩行障害

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27376890

INFECTION　感染症

- Fever >38 degrees Celsius, pain with reactivation at night, immunosuppressant therapy, penetrating wound
- Tenderness over spinous process, chills, reduced appetite, rapid fatigue, drug abuse, intense nocturnal pain
- 38°Cを超える発熱、夜間の再活性化時の疼痛、免疫抑制療法、穿通創
- 棘突起上の圧痛、悪寒、食欲低下、急速な疲労、薬物乱用、強い夜間痛

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27376890

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CONTEMPORARY THINKING OF PAIN　現代における疼痛の考え方

"The contemporary understanding of pain involves consideration of different broad categories of pain with different underlying mechanisms, activation of a network of neural systems, neuroimmune interactions (peripherally and centrally), and tissue-level changes, as well as psychological and social domains. All of these have a potential role in the sensorimotor adaptation to pain, as well as in the development and maintenance of pain."

現代の疼痛理解では、基盤となるメカニズムが異なる複数の広範な疼痛カテゴリー、神経系ネットワークの活性化、末梢および中枢における神経免疫相互作用、組織レベルの変化、さらに心理的・社会的領域を考慮する必要がある。

これらすべては、疼痛に対する感覚運動適応、ならびに疼痛の発生と維持に関与する可能性がある。



Hodges PW, Barbe MF, Loggia ML, Nijs J, Stone LS. Diverse role of biological plasticity in low back pain and its impact on sensorimotor control of the spine. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2019;49(6):389-401.

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CHRONIC PAIN FACTS　慢性痛の事実

Pain severity ≠ degree of tissue damage

疼痛の強さ ≠ 組織損傷の程度

Pain location ≠ site of problem

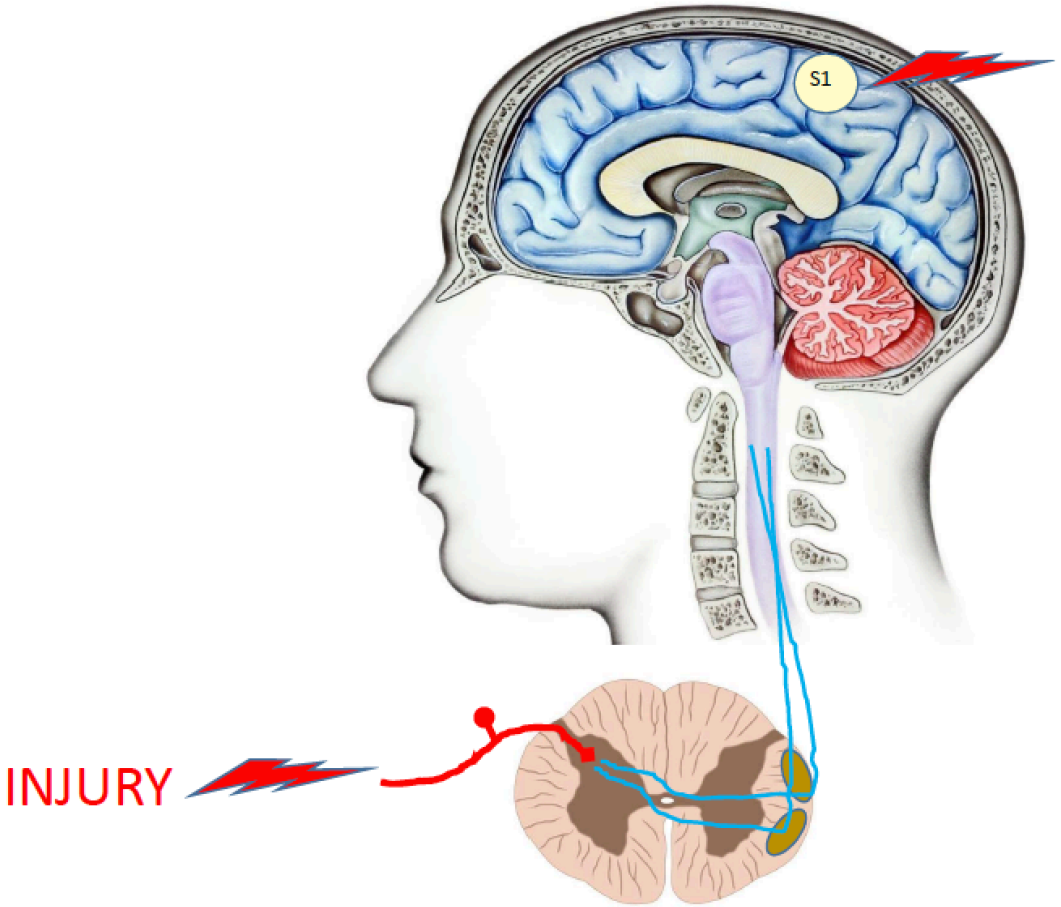
疼痛の部位 ≠ 問題のある部位

Feeling Pain ≠ nociceptive neurons firing

痛みを感じること ≠ 侵害受容ニューロンの発火

Baliki M, áVania Apkarian A. Nociception, pain, negative moods, and behavior selection. Neuron. 2015;87(3):474-491; Thompson JM, Neugebauer V. Amygdala plasticity and pain. Pain Research and Management. 2017;2017; Vachon-Presseau E, Centeno M, Ren W, et al. The emotional brain as a predictor and amplifier of chronic pain. J Dent Res. 2016;95(6):605-612.

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



OLD SCHOOL
Latest understanding shows this is far too simplistic

昔はこのように教えられていたが現在はこんなにシンプルではないことがわかっている

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

American Pain Society
RESEARCH
EDUCATION
TREATMENT
ADVOCACY
PUBLISHED BY ELSEVIER

The Journal of Pain, Vol 17, No 9 (September), 2016: pp 949-962
Available online at www.jpain.org and www.sciencedirect.com

Critical Review

Relations Between Brain Alterations and Clinical Pain Measures in Chronic Musculoskeletal Pain: A Systematic Review

CrossMark

"among all included chronic MSKP conditions it seems that brain regions involved in the limbic-affective and cognitive component of pain processing are involved in the observed neuroplastic brain remodeling. On the basis of this compelling evidence it can be stated that chronic MSKP is not only involved with somatosensory processing but also critically involves cognitive and affective-limbic processing in regions such as the ACC, insula, prefrontal cortex, and amygdala."

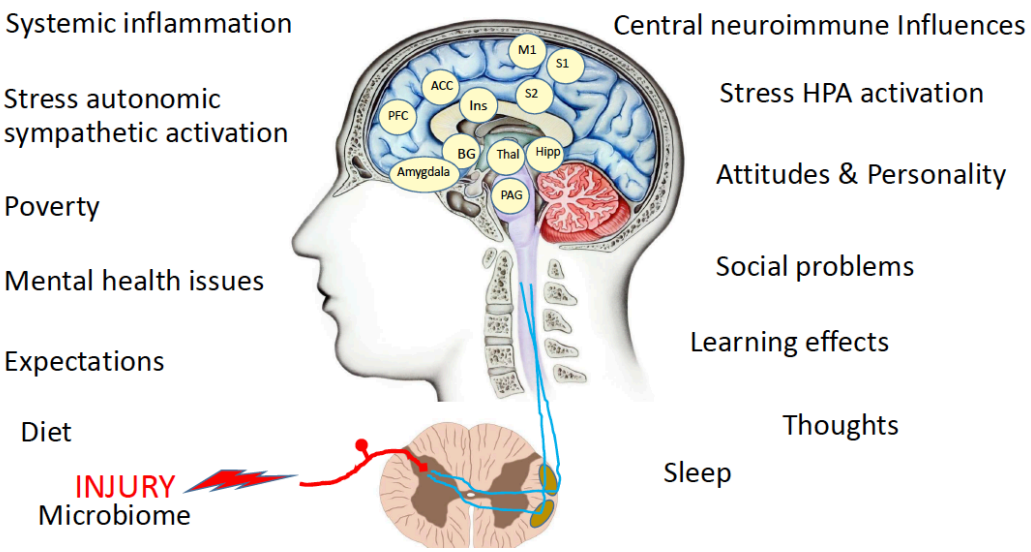
慢性筋骨格系疼痛における脳の変化と臨床的疼痛指標との関係：システマティックレビュー

対象に含まれたすべての慢性筋骨格系疼痛（MSKP）において、疼痛処理に関わる情動・辺縁系要素および認知的要素に関与する脳領域が、観察された神経可塑的な脳リモデリングに関与していると考えられる。

この説得力のあるエビデンスに基づけば、慢性筋骨格系疼痛は体性感覚処理だけに関与するものではなく、前帯状皮質（ACC）、島皮質、前頭前皮質、扁桃体などの領域における認知処理および情動・辺縁系処理にも重要に関与していると言える。

Coppieters I, Meeus M, Kregel J, et al. Relations between brain alterations and clinical pain measures in chronic musculoskeletal pain: a system review. The Journal of Pain. 2016;17(9):949-962

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



PFC：前頭前皮質
ACC：前帯状皮質
Ins：島皮質
S1：一次体性感覚野
S2：二次体性感覚野

M1：一次運動野
BG：大脳基底核
Thal：視床
Hipp：海馬
Amygdala：扁桃体
PAG：中脳水道周囲灰白質

全身性炎症
ストレスによる自律神経・交感神経系の活性化
貧困
メンタルヘルスの問題
期待・予測
食事
損傷
マイクロバイオーム
中枢性神経免疫の影響
ストレスによるHPA軸の活性化
態度・人格特性
社会的問題
学習効果
思考
睡眠

Areas of the brain involved with pain processing

Nociception activation or injury are not required for these areas to 'light up'

If a patient has choleric pain, you **MUST** consider these networks

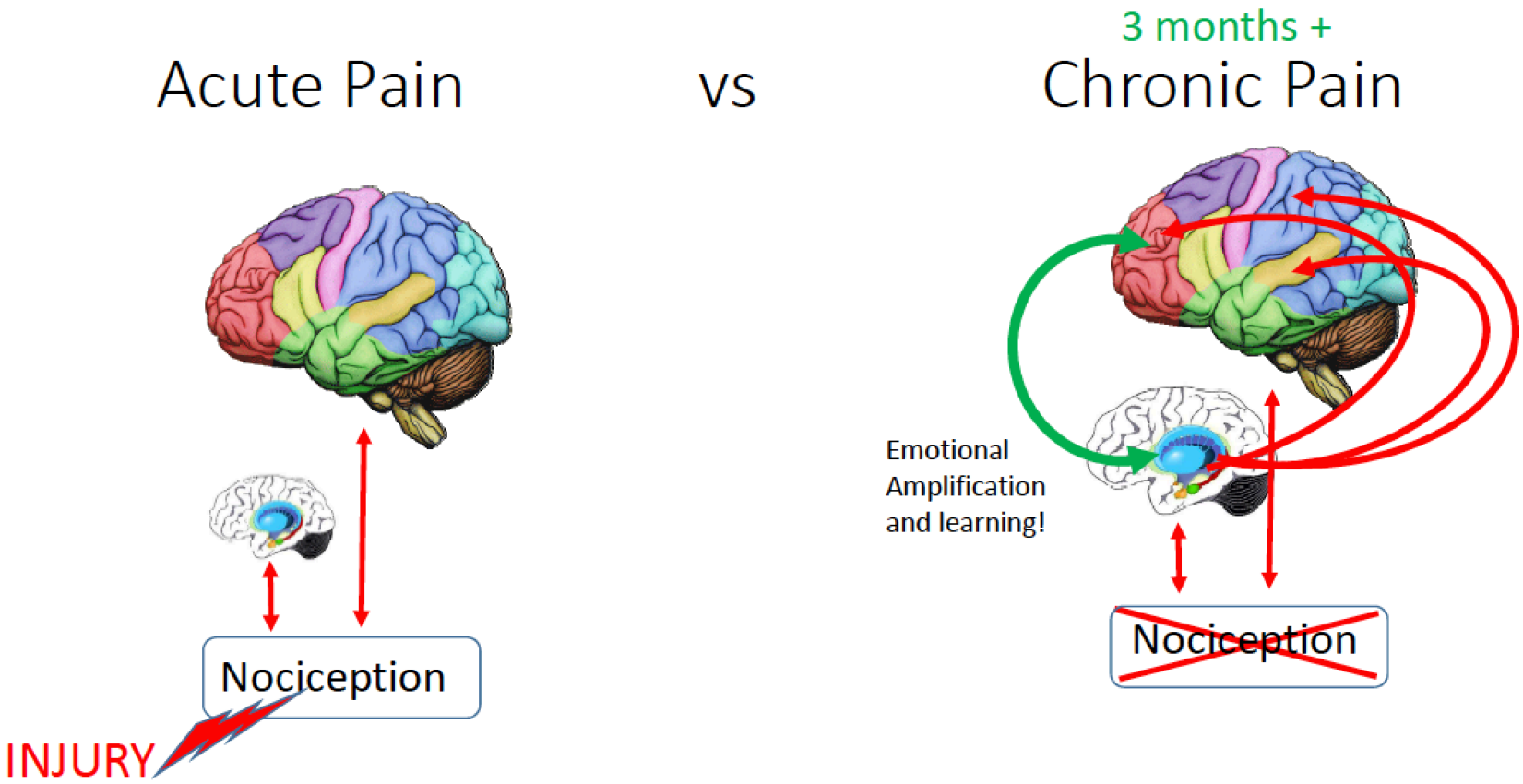
疼痛処理に関与する脳領域

これらの領域が「活性化」するために、侵害受容の活性化や組織損傷が必ずしも必要なわけではない。

患者が慢性疼痛を有している場合、これらのネットワークを必ず考慮する必要がある

Baliki M, áVania Apkarian A. Nociception, pain, negative moods, and behavior selection. Neuron. 2015;87(3):474-491; Thompson JM, Neugebauer V. Amygdala plasticity and pain. Pain Research and Management. 2017;2017; Vachon-Presseau E, Centeno M, Ren W, et al. The emotional brain as a predictor and amplifier of chronic pain. J Dent Res. 2016;95(6):605-612

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



Adapted from Vachon-Presseau et al., 2016

Apkarian A. Nociception, pain, negative moods, and behavior selection. Neuron. 2015;87(3):474-491; Thompson JM, Neugebauer V. Amygdala plasticity and pain. Pain Research and Management. 2017;2017; Vachon-Presseau E, Centeno M, Ren W, et al. The emotional brain as a predictor and amplifier of chronic pain. J Dent Res. 2016;95(6):605-612.

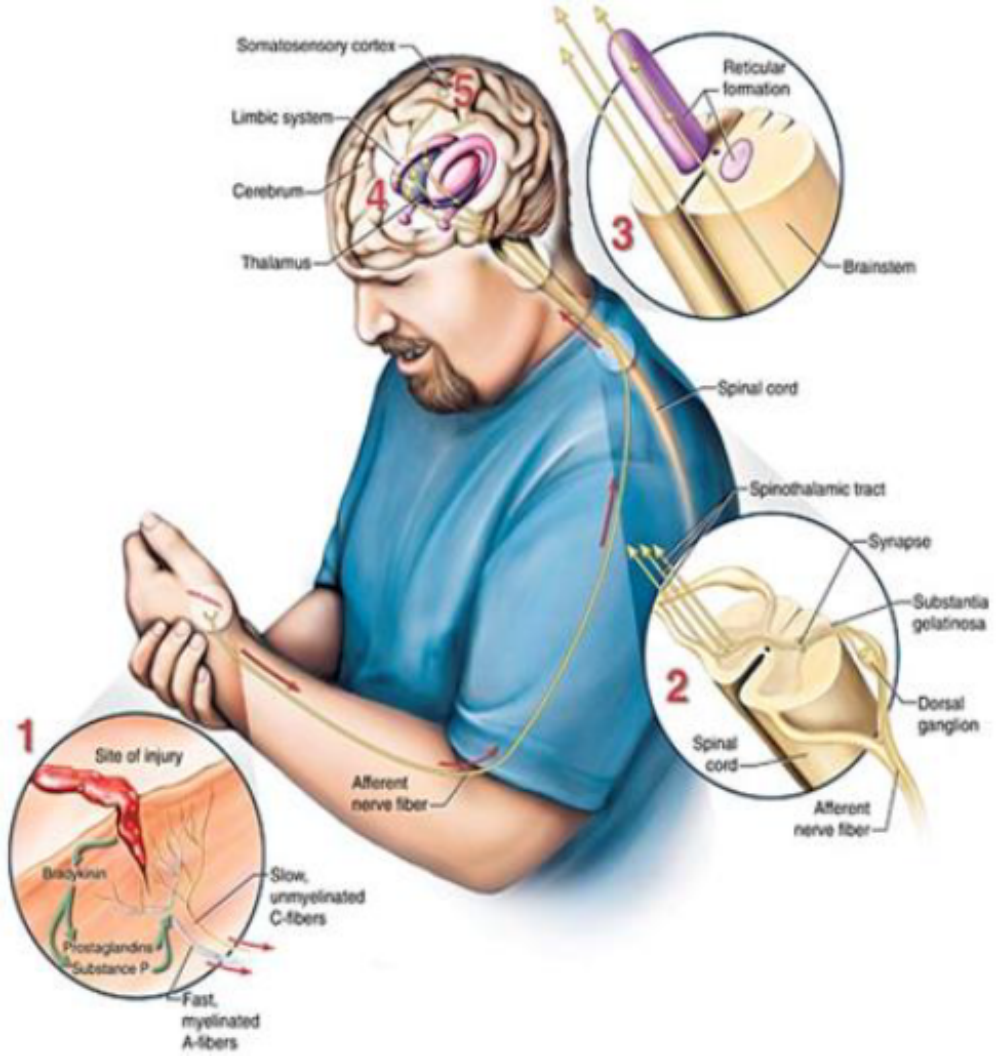
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

The International Association for the Study of Pain has defined pain as:

- An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or described in terms of such damage.
  - Pain may occur in the absence of obvious peripheral or visceral pathologic features

国際疼痛学会（IASP）は、疼痛を以下のように定義している。

- 実際の組織損傷、または組織損傷の可能性に関連した、あるいはそのような損傷として表現される、不快な感覚的および情動的体験。
  - 疼痛は、明らかな末梢性または内臓性の病理所見が存在しない場合にも生じることがある。



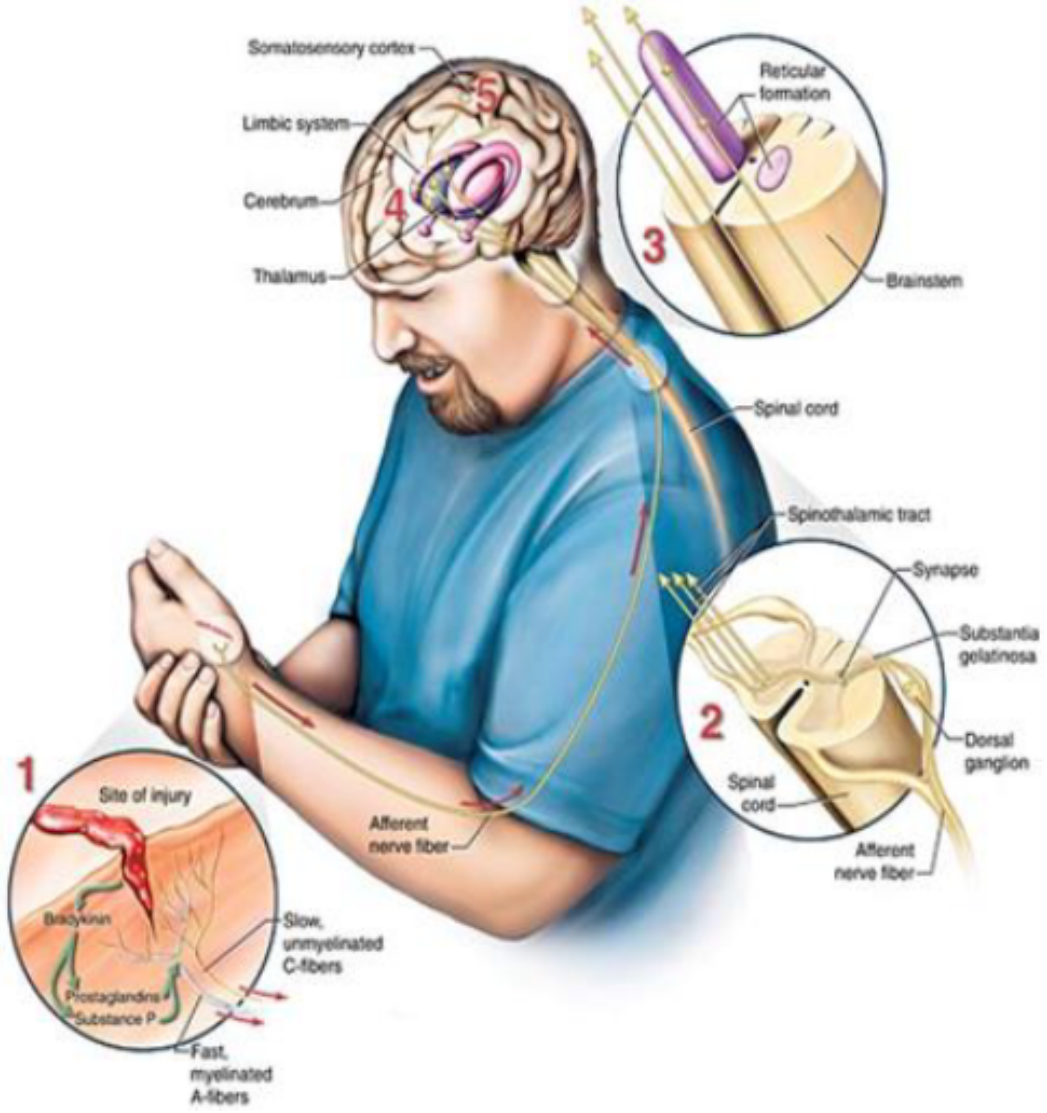
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Nociception:

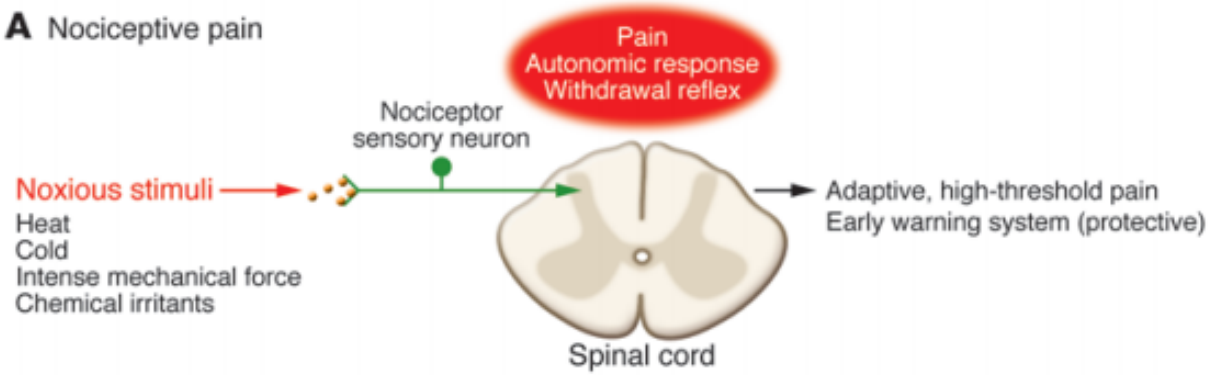
The activity in a neural structure, capable of leading to or contributing to a sensation of pain

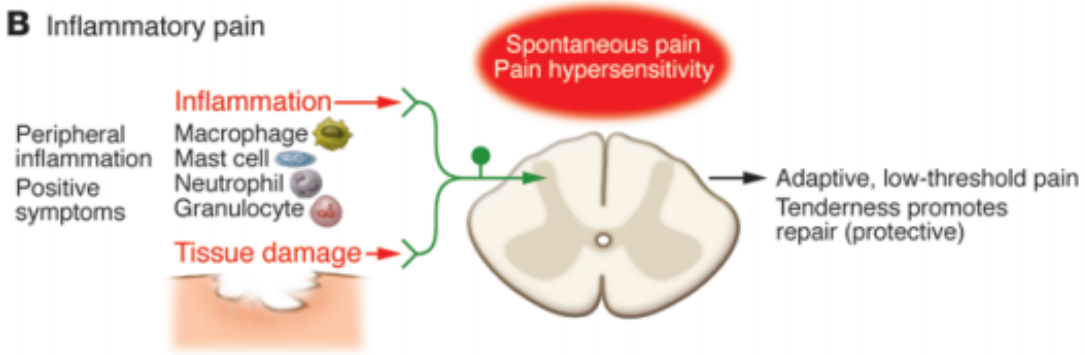
侵害受容：

疼痛感覚を引き起こす、または疼痛感覚に寄与し得る神経構造内の活動。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

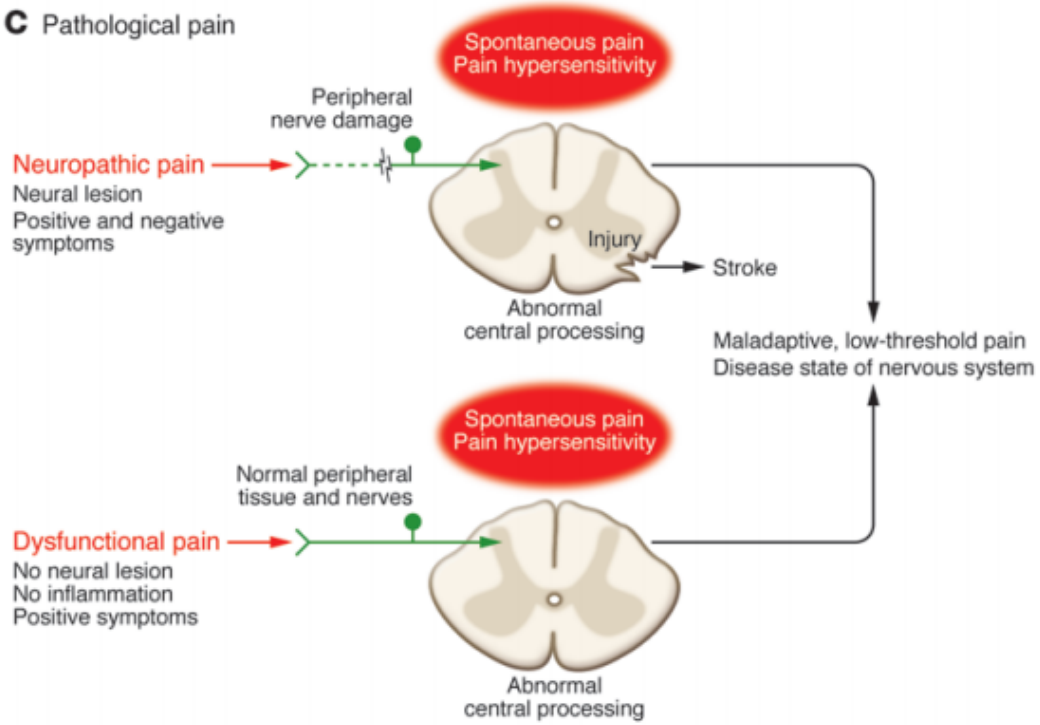




A　侵害受容性疼痛
有害刺激
熱
冷刺激
強い機械的刺激
化学的刺激物
侵害受容器感覚ニューロン
疼痛
自律神経反応
逃避反射
脊髄
適応的な高閾値疼痛
早期警告システム（保護的反応）

B　炎症性疼痛
末梢性炎症
陽性症状
炎症
マクロファージ
肥満細胞
好中球
顆粒球
組織損傷
自発痛
疼痛過敏
適応的な低閾値疼痛
圧痛は修復を促進する（保護的反応）

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

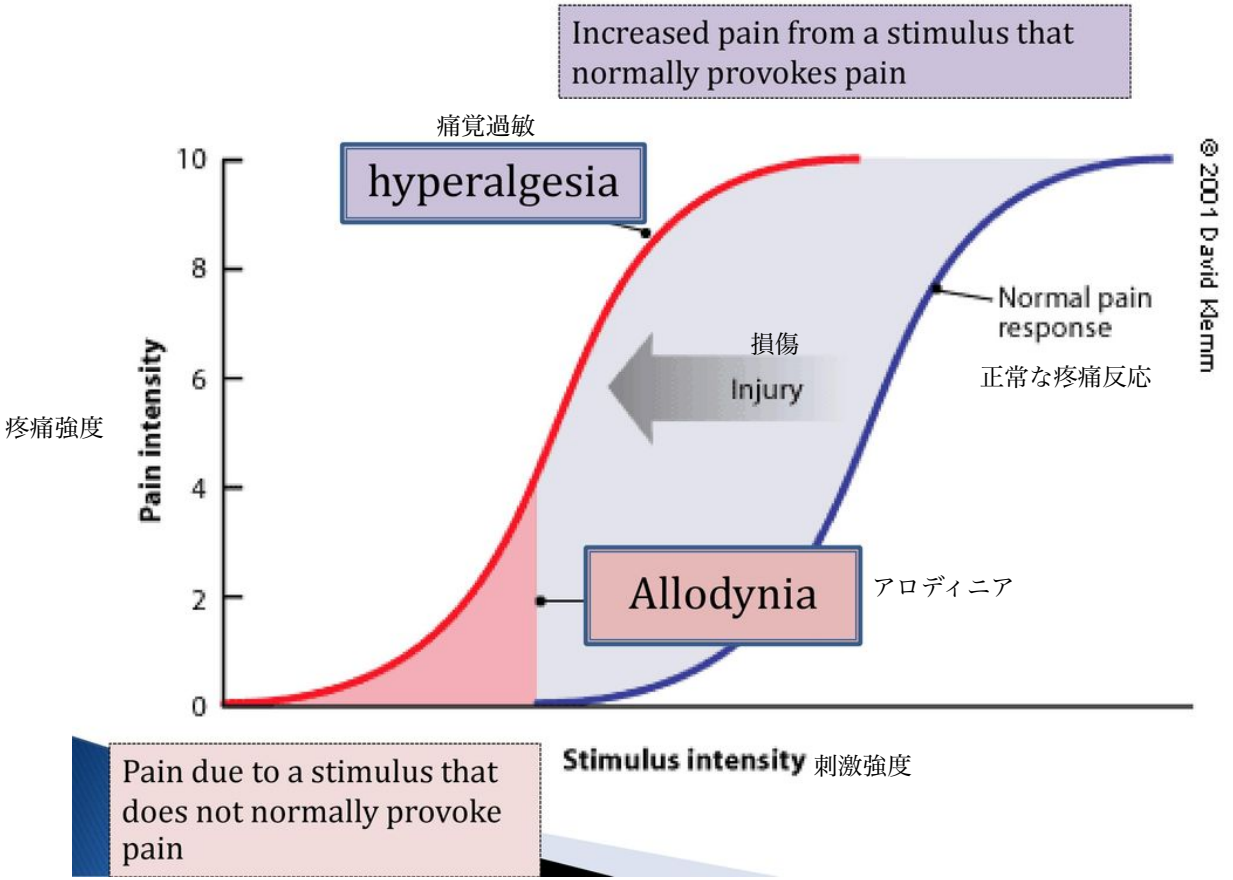


C　病的疼痛
神経障害性疼痛
神経病変
陽性症状および陰性症状
末梢神経損傷
自発痛
疼痛過敏
中枢処理の異常
損傷
脳卒中
機能異常性疼痛
神経病変なし
炎症なし
陽性症状
正常な末梢組織および神経
自発痛
疼痛過敏
中枢処理の異常
不適応性の低閾値疼痛
神経系の疾患状態

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

HYPERALGESIA VS ALLODYNIA　痛覚過敏 VS アロディニア

通常でも疼痛を誘発する刺激に対して、疼痛反応が増強している状態



通常は疼痛を誘発しない刺激によって、疼痛が生じる状態

痛覚過敏は、痛いはずの刺激が通常以上に強く痛く感じられる状態。
アロディニアは、本来痛くないはずの刺激が痛みとして知覚される状態。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

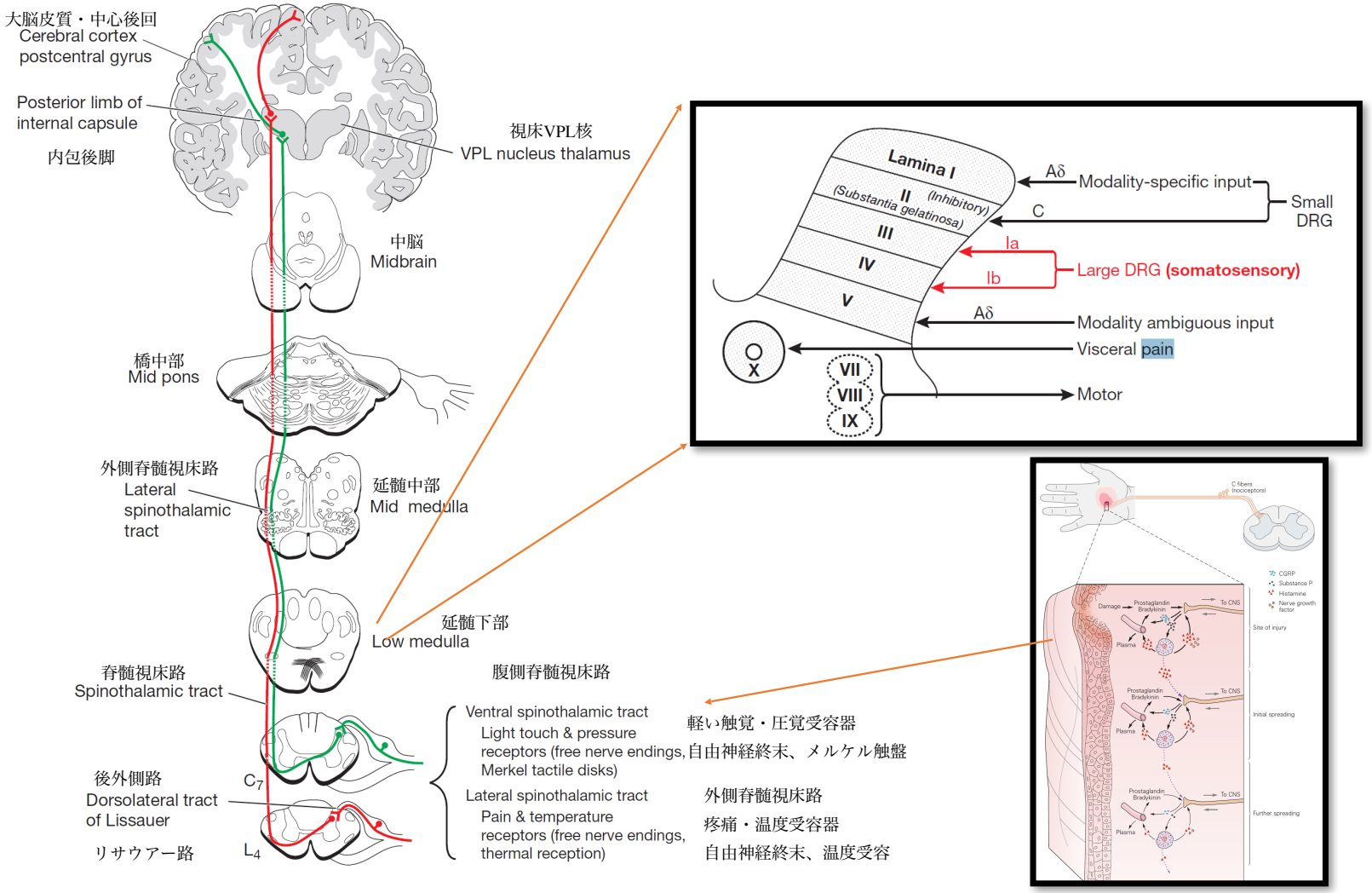
SENSORY NEURONS FIBER TYPES

感覚ニューロンの線維タイプ

Fiber Type	**Alternate Name**	Fiber Diameter (µm)	Myelinated	**Receptors**	Sensory Modality	**Fiber Tract**
A-α	Ia Ib	13-20	yes	Muscle Spindle Golgi Tendon Organ	Proprioception	Posterior Columns
A-β	II	6-12	yes	Muscle Spindle Meissner Corpuscle Merkel Disk Ruffini Corpuscle Pacinian Corpuscle	Proprioception Touch Touch Touch, Vibration Touch, Vibration	Posterior Columns
A-δ	III	1-5	yes	Hair Follicle Receptor Free Nerve Ending	Touch Pain Temperature	ALSTS
C	IV	0.2-1.5	no	Free Nerve Ending	Pain Temperature	ALSTS

線維タイプ	別名	線維径（µm）	有髄性	受容器	感覚モダリティ	伝導路
Aα	Ia / Ib	13–20	有髄	筋紡錘ゴルジ腱器官	固有受容感覚	後索
Aβ	II	6–12	有髄	筋紡錘マイスナー小体メルケル盤ルフィニ終末パチニ小体	固有受容感覚触覚触覚触覚・振動覚触覚・振動覚	後索
Aδ	III	1–5	有髄	毛包受容器自由神経終末	触覚疼痛温度覚	ALSTS
C	IV	0.2–1.5	無髄	自由神経終末	疼痛温度覚	ALSTS

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

A　侵害受容器のタイプ

温度受容性

機械受容性

ポリモーダル

サイレント侵害受容器

Aδ線維

C線維

B　脊髄への入力

Aδ線維

C線維

Aβ線維（機械受容器）

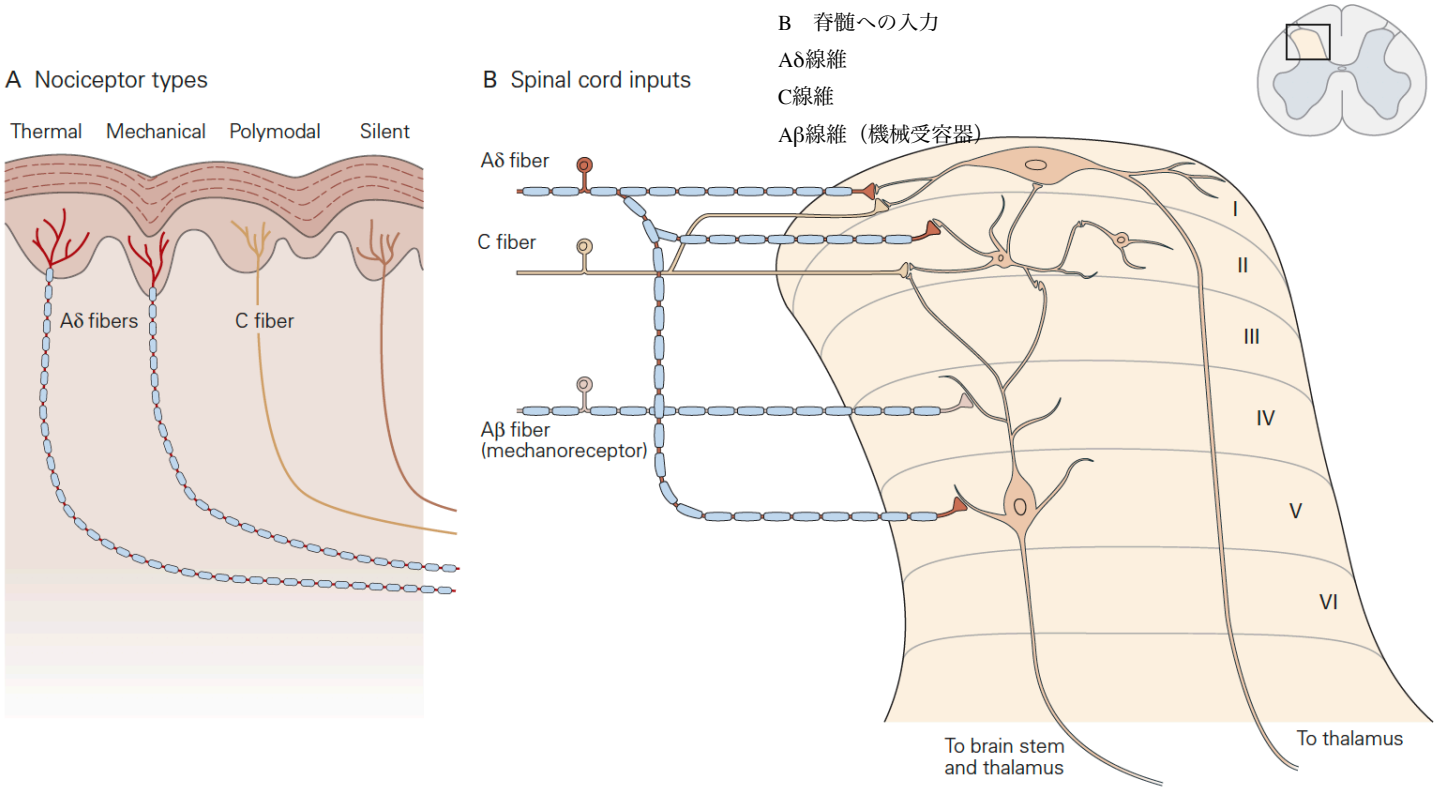


図24-3　侵害受容線維は脊髄後角に終止する
A：末梢侵害受容器の分類
B：後角I層のニューロンは、有髄性のAδ侵害受容線維から直接入力を受ける。また、無髄性のC侵害受容線維から、II層の介在ニューロンを介して、直接および間接の入力を受ける。
V層のニューロンは、機械受容器に由来する大径有髄線維であるAβ線維からの低閾値入力に加えて、Aδ線維およびC線維といった侵害受容性求心性線維からの入力も受ける。
V層ニューロンはIV層へ樹状突起を伸ばし、そこでAβ一次求心性線維の終末と接触する。
V層の細胞から生じてIII層へ伸びる樹状突起は、II層介在ニューロンの軸索終末と接触する。
Aα線維は、脊髄腹側部の運動ニューロンおよび介在ニューロンを支配する。図には示されていない。

Figure 24–3 Nociceptive fibers terminate in the dorsal horn of the spinal cord.

A. Peripheral nociceptor classes.

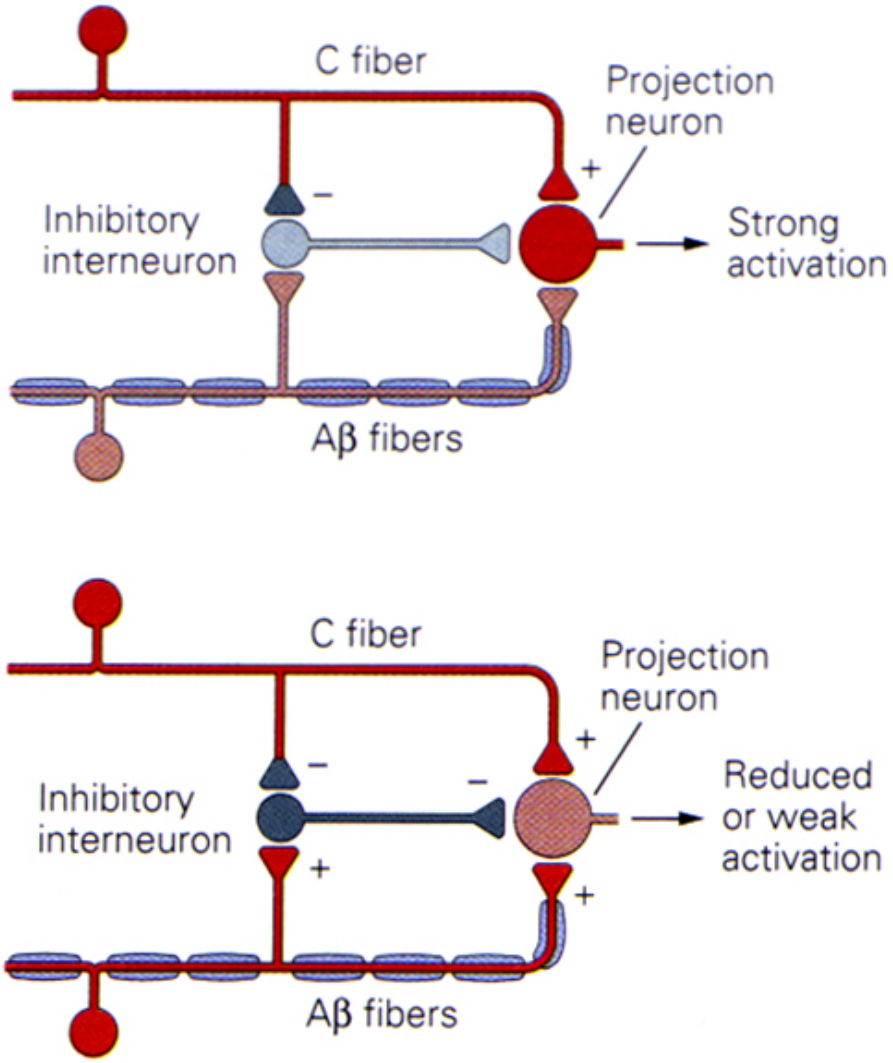
B. Neurons in lamina I of the dorsal horn receive direct input from myelinated (Aδ) nociceptive fibers and both direct and indirect input from unmyelinated (C) nociceptive fibers via interneurons in lamina II. Lamina V neurons receive low-threshold input from large-diameter myelinated fibers (Aβ) of mechanoreceptors as well as inputs from nociceptive afferent fibers (Aδ and C fibers). Lamina V neurons send dendrites to lamina IV, where they are contacted by the terminals of Aβ primary afferents. Dendrites in lamina III arising from cells in lamina V are contacted by the axon terminals of lamina II interneurons. Aα fibers innervate motor neurons and interneurons in the ventral spinal cord (not shown). (Modified, with permission, from Fields 1987.)

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

GATE THEORY OF PAIN
疼痛のゲートコントロール理論

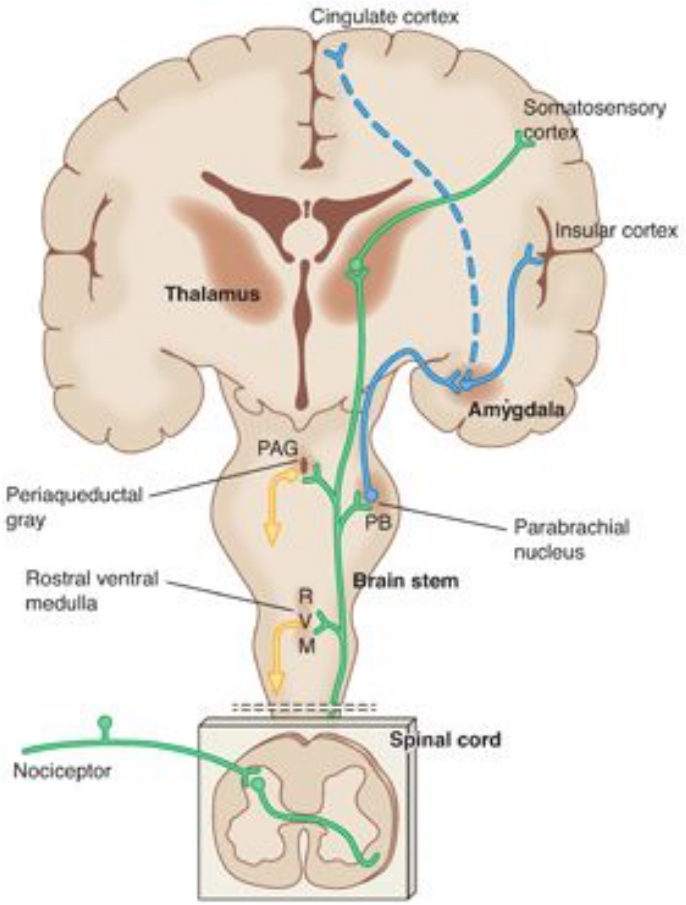
This is why movement (activation of large diameter fibres) decreases pain

これが、運動、すなわち大径線維の活性化によって疼痛が軽減する理由である。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

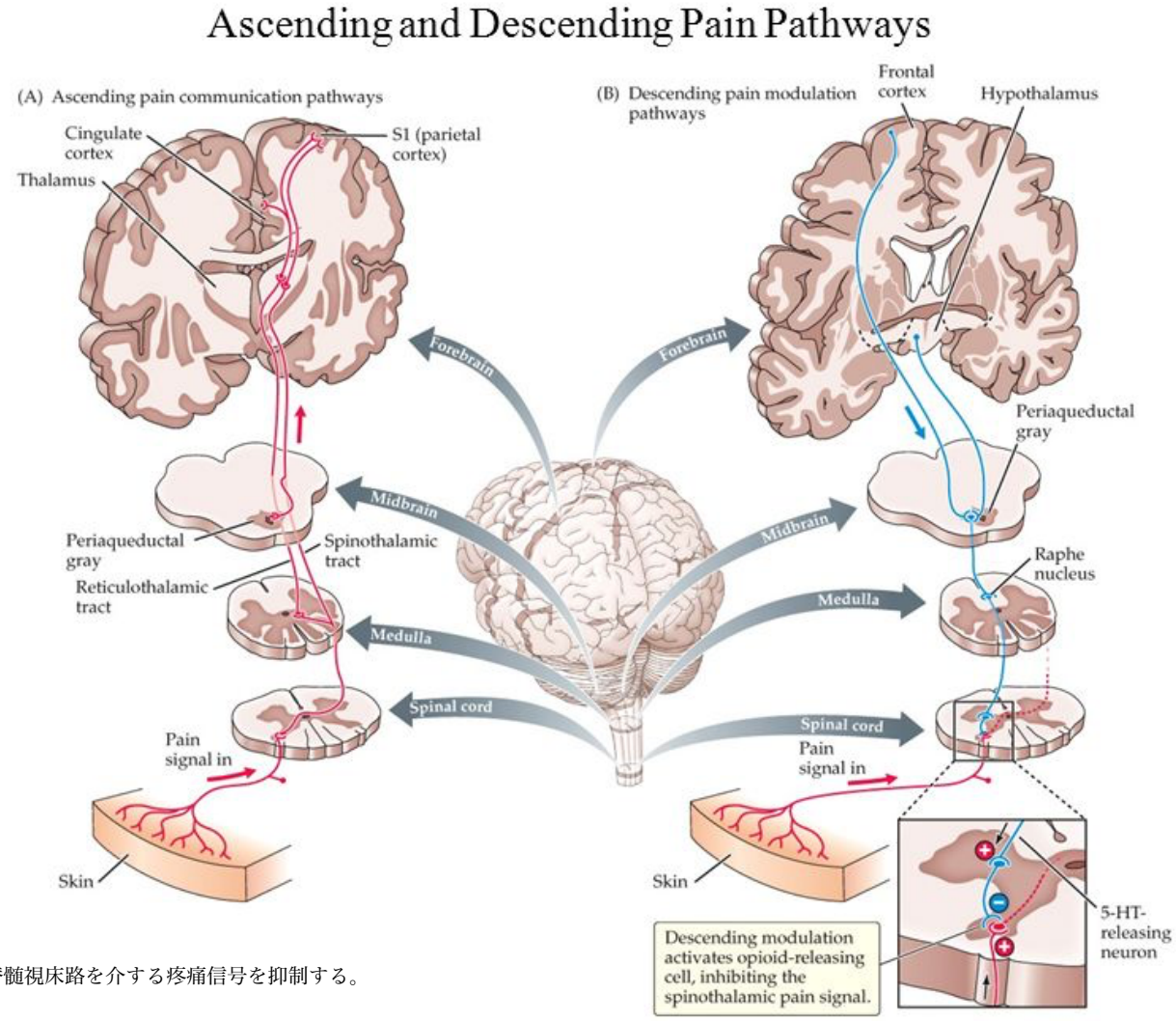
ASCENDING VS DESCENDING PAIN PATHWAYS　上行性疼痛経路と下行性疼痛経路



- The projection pathway for the transmission of pain information to the brain.Primary afferent nociceptors convey noxious information to projection neurons within the dorsal horn of the spinal cord.
- A subset of these projection neurons transmits information to the somatosensory cortex via the thalamus, providing information about the location and intensity of the painful stimulus.
- Other projection neurons engage the cingulate and insular cortices via connections in the brainstem (parabrachial nucleus) and amygdala, contributing to the affective component of the pain experience.
- This ascending information also accesses neurons of the rostral ventral medulia and midbrain periaqueductal gray to engage descending feedback systems that modulate the transmission of nociceptive information through the spinal cord.
- 疼痛情報を脳へ伝達する投射経路。
- 一次求心性侵害受容器は、有害刺激に関する情報を脊髄後角内の投射ニューロンへ伝達する。
- これらの投射ニューロンの一部は、視床を介して体性感覚野へ情報を伝達し、疼痛刺激の部位および強度に関する情報を提供する。
- その他の投射ニューロンは、脳幹、特に傍腕核、および扁桃体との連絡を介して、帯状皮質および島皮質を関与させ、疼痛体験の情動的要素に寄与する。
- この上行性情報は、延髄吻側腹内側部および中脳水道周囲灰白質のニューロンにも到達し、脊髄を介した侵害受容情報の伝達を調節する下行性フィードバックシステムを作動させる。

(Modified from Basbaum AI, Bautista DM, Scherrer G, et al.Cellular and molecular mechanisms of pain. Cell.2009:139[2]:267-284.)

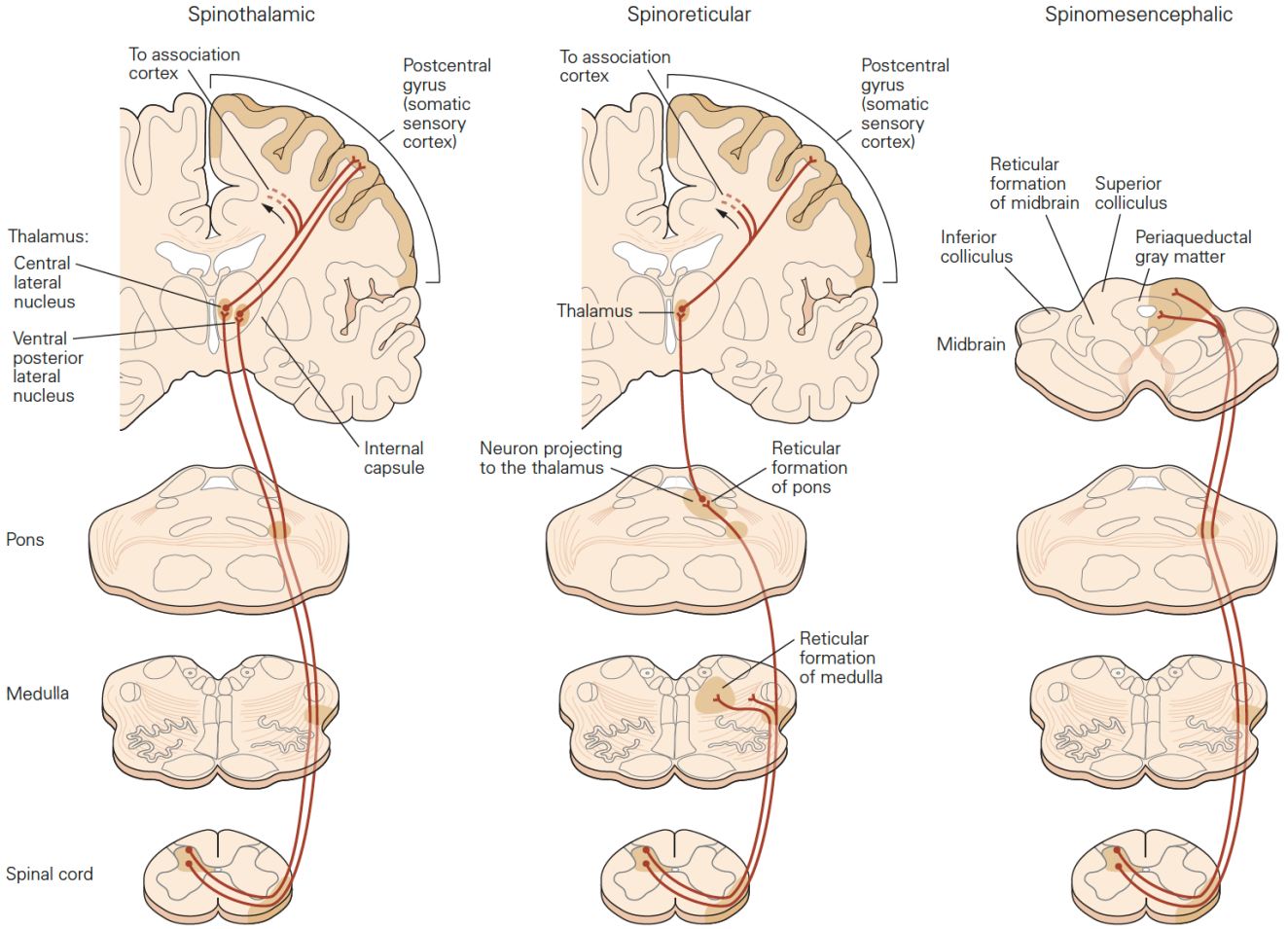
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



上行性および下行性疼痛経路
A　上行性疼痛伝達経路
帯状皮質
視床
S1：一次体性感覚野（頭頂葉皮質）
中脳水道周囲灰白質（PAG）
網様体視床路
脊髄視床路
疼痛信号の入力
皮膚
前脳
中脳
延髄
脊髄
B　下行性疼痛調節経路
前頭皮質
視床下部
中脳水道周囲灰白質（PAG）
縫線核
5-HT放出ニューロン
疼痛信号の入力
皮膚
前脳
中脳
延髄
脊髄
下行性調節はオピオイド放出細胞を活性化し、脊髄視床路を介する疼痛信号を抑制する。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Ascending Pain Pathways



STT - conveys pain, thermal and light touch

SRT - oldest pathways conveys emotional and arousal response to pain

SMT - activates the PAG for descending pain modulation which produces endogenous analgesia

STT：脊髄視床路

疼痛、温度覚、軽触覚を伝達する。

SRT：脊髄網様体路

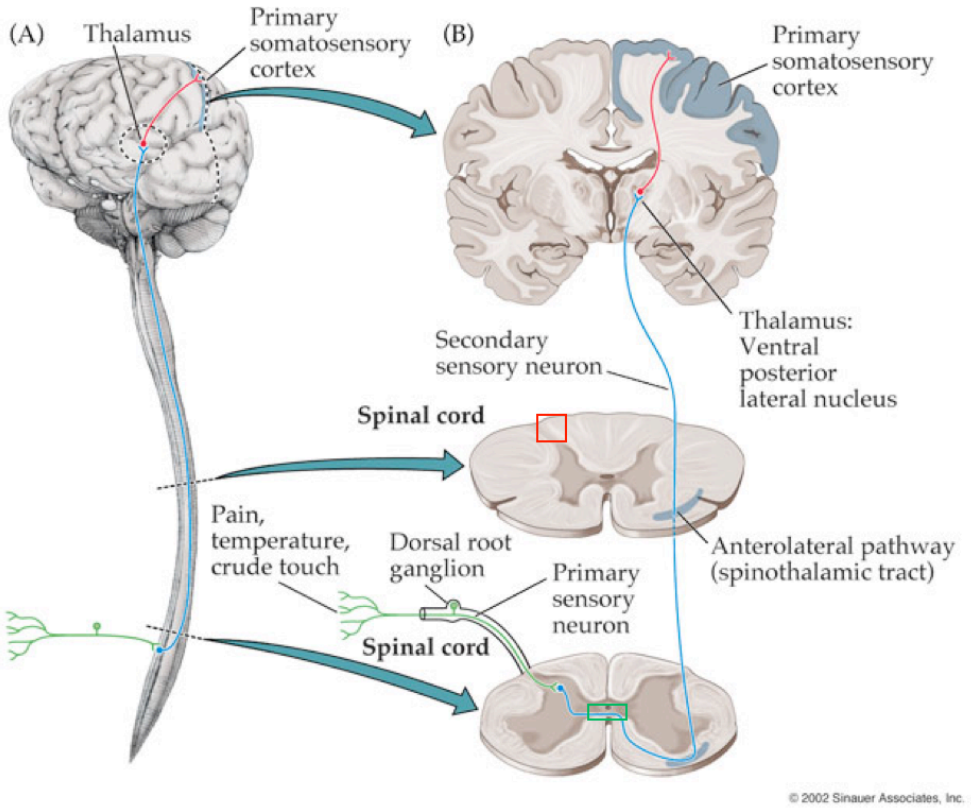
最も古い疼痛経路の一つであり、疼痛に対する情動反応および覚醒反応を伝達する。

SMT：脊髄中脳路

PAG、中脳水道周囲灰白質を活性化し、下行性疼痛調節を介して内因性鎮痛を生じさせる。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

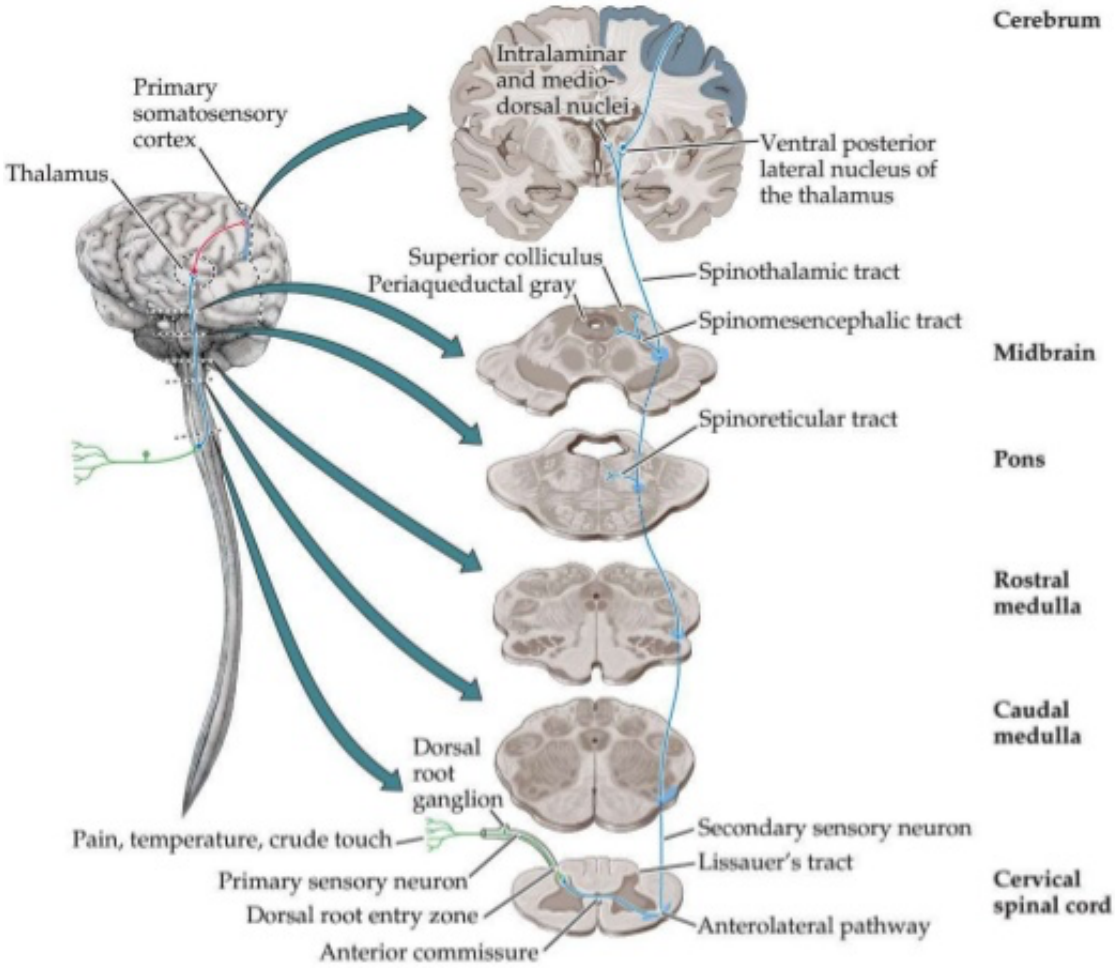
SPINOTHALAMIC



- From the parietal cortex information is presented to the frontal lobes, project to the occipital lobes, temporal lobes, and the limbic lobes, all for different aspects of appreciation and understanding.

頭頂葉皮質からの情報は前頭葉へ提示され、さらに後頭葉、側頭葉、辺縁葉へ投射される。これらはそれぞれ、疼痛の認識および理解における異なる側面に関与する。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



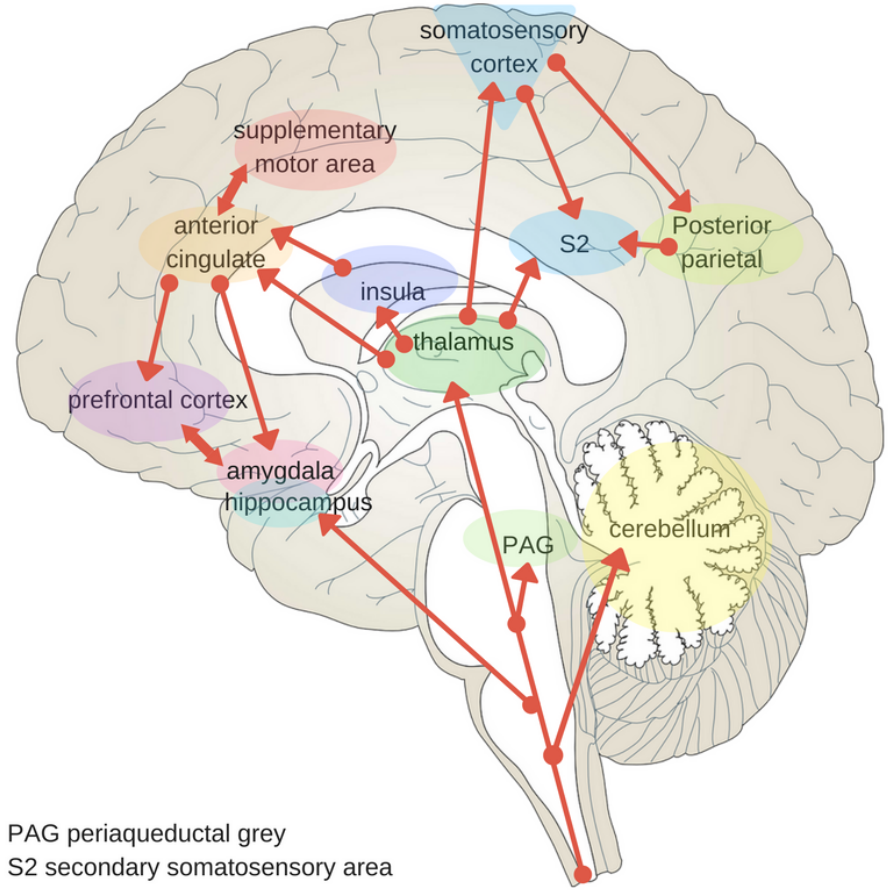
People in pain can, of course, have the activation of these pontomedullary systems and they can at times have nausea, vomiting, and gut dysfunction. This aberrant activation of the mesencephalon may cause aberrant firing of mesencephalic reticular formation which may cause insomnia and the difficulty of sleep.

疼痛を有する人では、当然ながら、これらの橋延髄系が活性化することがあり、その結果として悪心、嘔吐、腸管機能障害が生じることがある。また、中脳の異常な活性化は、中脳網様体の異常発火を引き起こす可能性があり、それによって不眠や睡眠困難が生じることがある。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

BRAIN REGIONS INVOLVED WITH PAIN PROCESSING

- Motor planning
- Attention and focus
- Cognitive processing
- Emotions
- Other sensory processing
- 運動計画
- 注意・集中
- 認知処理
- 情動
- その他の感覚処理



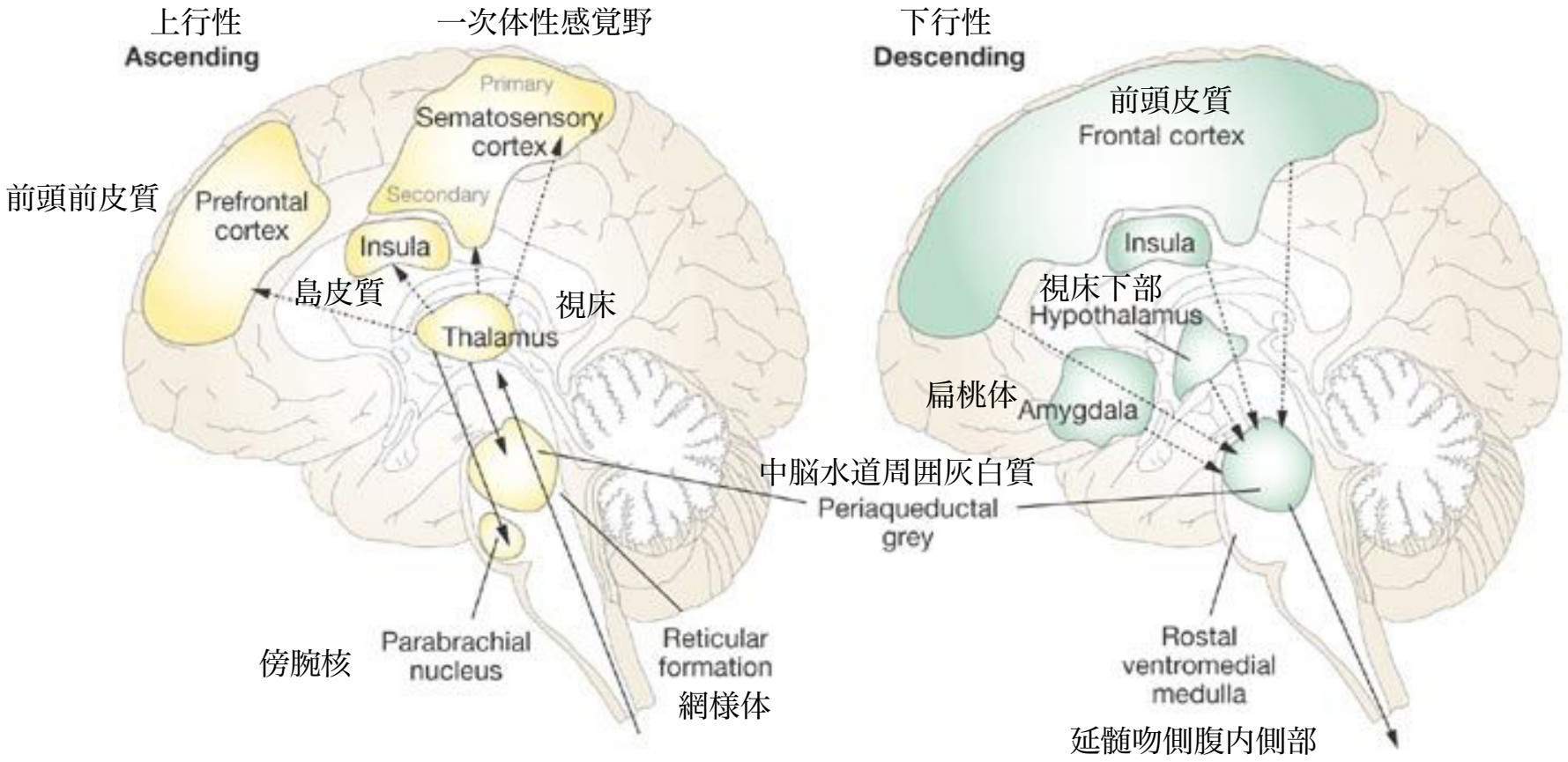
ACC - complex cognitive functions, such as empathy, impulse control, emotion, and decision-making

Insula - role in pain perception, social engagement, empathy, emotions, and numerous other vital functions

ACC：前帯状皮質
共感、衝動制御、情動、意思決定などの複雑な認知機能に関与する。
島皮質
疼痛知覚、社会的関与、共感、情動、その他多くの重要な機能に関与する。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

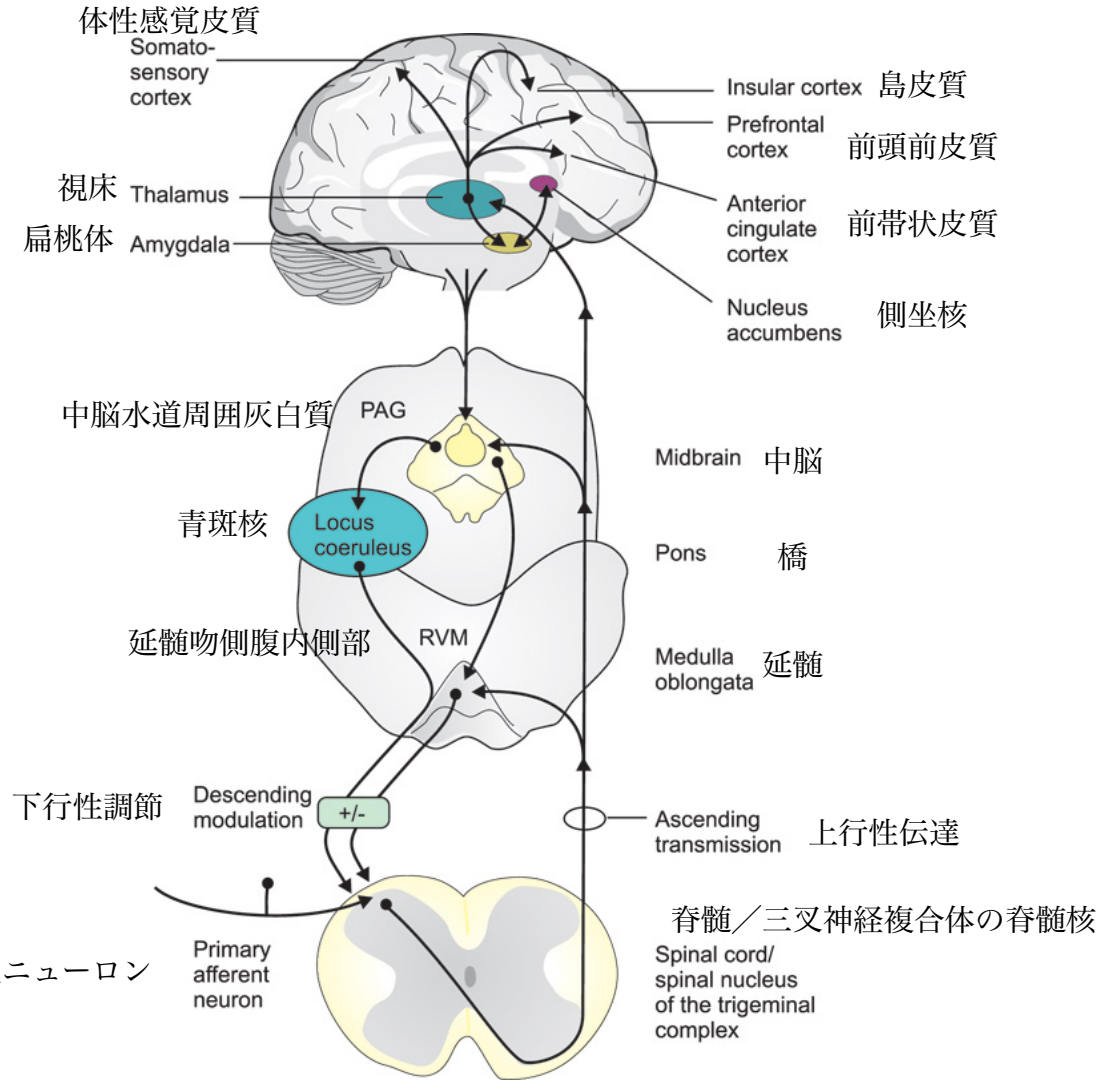
DESCENDING PAIN PATHWAYS



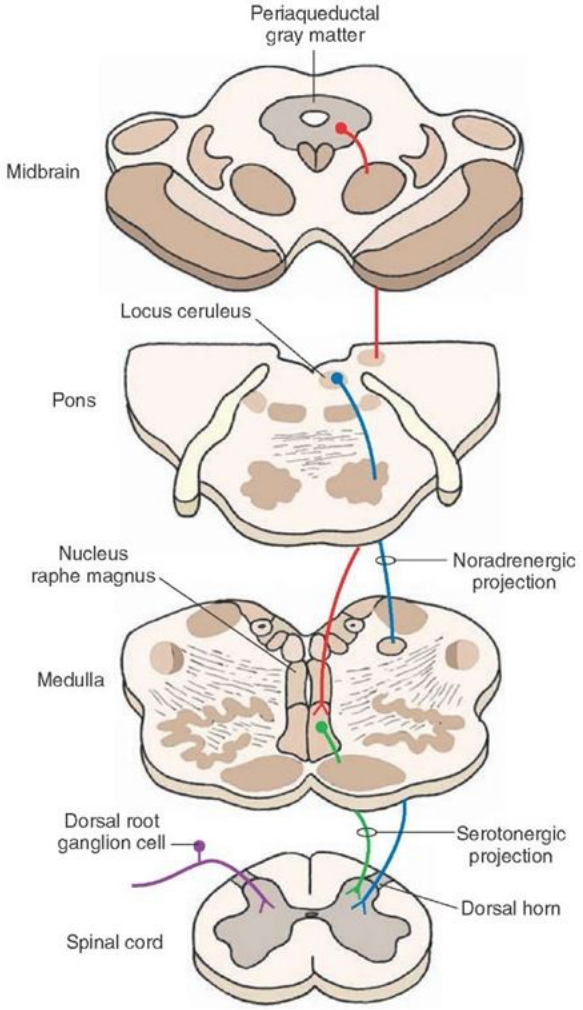
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

The cortex, basically, activates the periaqueductal gray which sends descending activating pathways to the nucleus raphes magnus. The nucleus raphes magnus then sends pathways down which inhibit second order pain neurons and inhibits activity of C-fiber afferents. The nucleus raphe magnus sends a serotonergic pathway

大脳皮質は、基本的に中脳水道周囲灰白質（PAG）を活性化する。PAGは、下行性の活性化経路を大縫線核へ送る。大縫線核はさらに下行性経路を送り、二次疼痛ニューロンを抑制し、C線維求心性線維の活動を抑制する。大縫線核は、セロトニン作動性経路を送る。



- There is also the area of the locus ceruleus. The cortex sends pathways down to the locus ceruleus for activation as well as ipsilateral cerebellar input. The locus ceruleus then sends descending inhibitory pathways to second order pain neurons. These work through the adrenergic system.
- The locus ceruleus inhibits the IML. It activates the ventral horn cells but inhibits second order pain neurons.
- 青斑核の領域も関与している。大脳皮質は、青斑核を活性化するために下行性経路を送る。また、同側の小脳からの入力も青斑核に入る。その後、青斑核は二次疼痛ニューロンへ下行性抑制経路を送る。これらはアドレナリン作動性システムを介して働く。
- 青斑核は中間外側核（IML）を抑制する。また、前角細胞を活性化する一方で、二次疼痛ニューロンを抑制する。





CENTRAL SENSITISATION
中枢性感作

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

中枢性感作

- Pain itself often modifies the way the central nervous system works, so that a patient actually becomes more sensitive and gets *more pain* with *less provocation*. It's called "central sensitization" because it involves changes in the *central* nervous system (CNS) in particular — the brain and the spinal cord.
- Sensitized patients are not only more sensitive to things that should hurt, but sometimes to ordinary touch and pressure as well. Their pain also "echoes," fading more slowly than in other people.
- 疼痛そのものが中枢神経系の働き方を変化させることがあり、その結果、患者は実際により過敏になり、より少ない刺激でより強い疼痛を感じるようになる。これは「中枢性感作」と呼ばれる。なぜなら、特に脳と脊髄を含む中枢神経系（CNS）に変化が生じるためである。
- 感作された患者は、本来痛みを引き起こすはずの刺激に対してより過敏になるだけでなく、通常の触覚や圧刺激に対しても過敏になることがある。また、疼痛は「反響」するように残り、他の人よりも消退するまでに時間がかかる。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Central Sensitization is ***amplification*** within the central nervous system (CNS) resulting in more intense perception of pain thereby acting in the maintenance of chronic pain

1. **CNS synapse "activity-dependent" plasticity**: Simply put, neuronal connections change based on their use. One could use the phrase "fire together wire together", therefore; as certain patterns of input are used the stronger those connections become.

2. **Dorsal Horn wind-up:** This is considered tetanus of the CNS. As C-fibers experience a longer and longer stimulus the pain fibers within the dorsal horn of the spinal cord begin to increase their frequency of depolarization. Therefore, the longer you feel the same intensity of pain the more intense that pain feels "**sensitizing you"**.

3. **Long-term potentiation (LTP):** Is the basis behind cellular changes for learning and memory, but has been found to play a role in chronic pain. It has been found that a strong enough stimuli that occurs synchronously between two neurons enhances the strength of the connection between those two neurons.

中枢性感作とは、中枢神経系（CNS）内で疼痛信号が増幅されることで、疼痛がより強く知覚される状態を指す。これにより、慢性疼痛の維持に関与する。

1. 中枢神経系シナプスにおける「活動依存性」可塑性：簡単に言えば、ニューロン間の結合は、その使われ方に応じて変化する。「一緒に発火するニューロンは、結びつきを強める」と表現することもできる。つまり、特定の入力パターンが繰り返し使われるほど、それらの神経結合はより強化される。
2. 後角ワインドアップ：これは、中枢神経系における強縮様現象と考えられる。C線維がより長時間刺激を受けると、脊髄後角内の疼痛線維は脱分極の頻度を増加させ始める。したがって、同じ強度の疼痛を長く感じ続けるほど、その疼痛はより強く感じられるようになり、神経系が「感作」される。
3. 長期増強（LTP：Long-term potentiation）：LTPは、学習や記憶に関わる細胞レベルの変化の基盤であるが、慢性疼痛にも関与することが示されている。十分に強い刺激が2つのニューロン間で同期して生じると、それら2つのニューロン間の結合強度が増強されることが分かっている。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

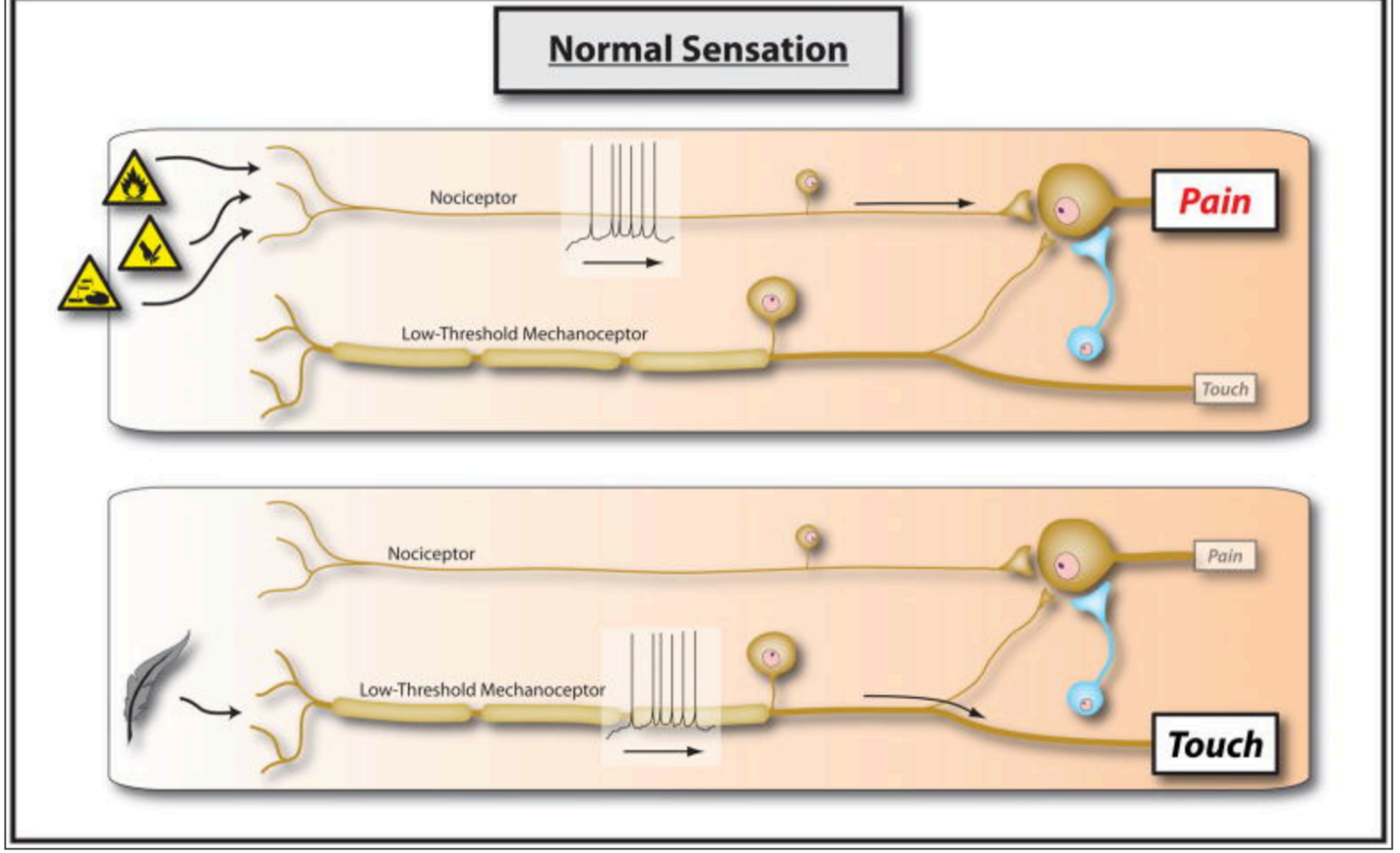
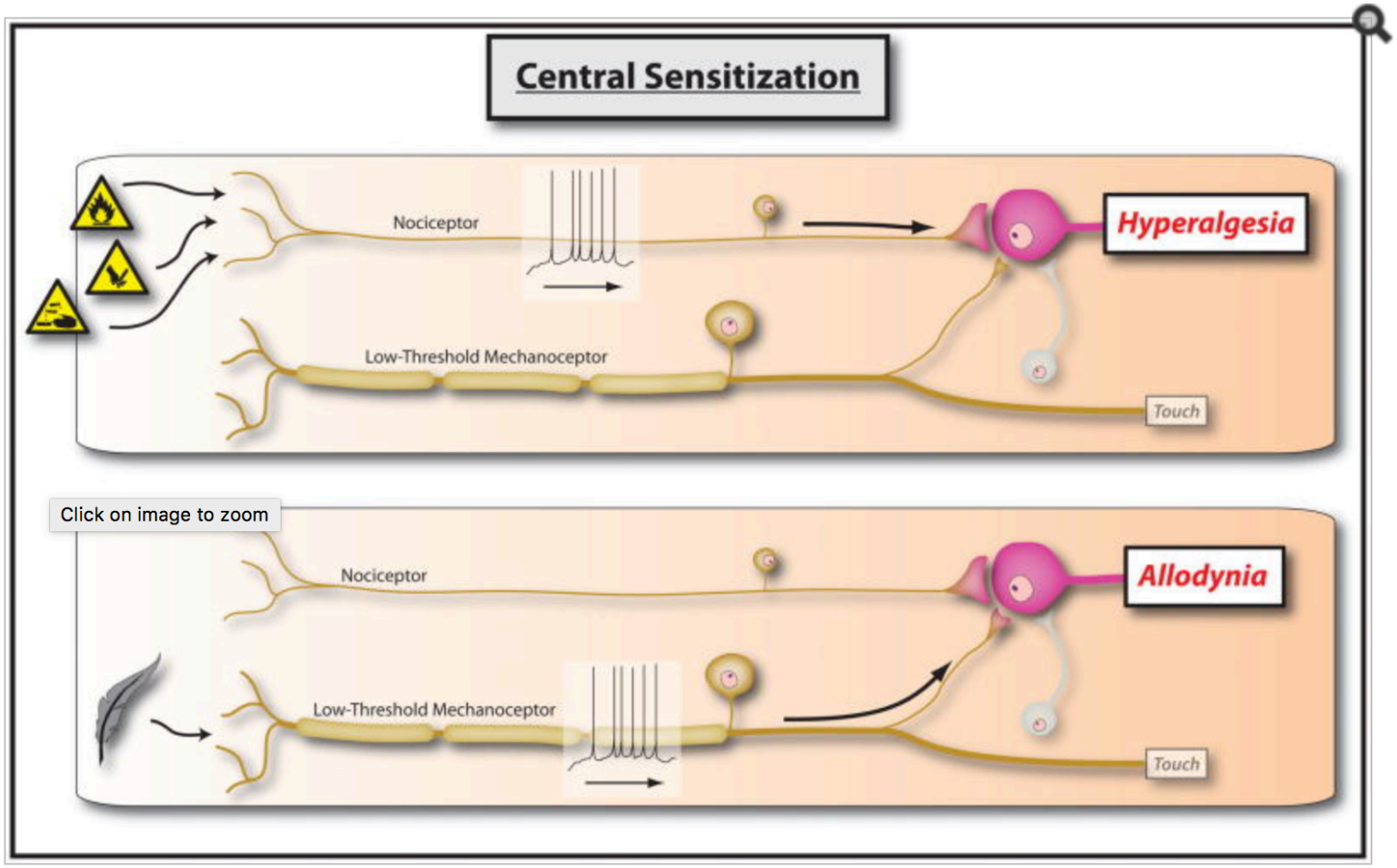
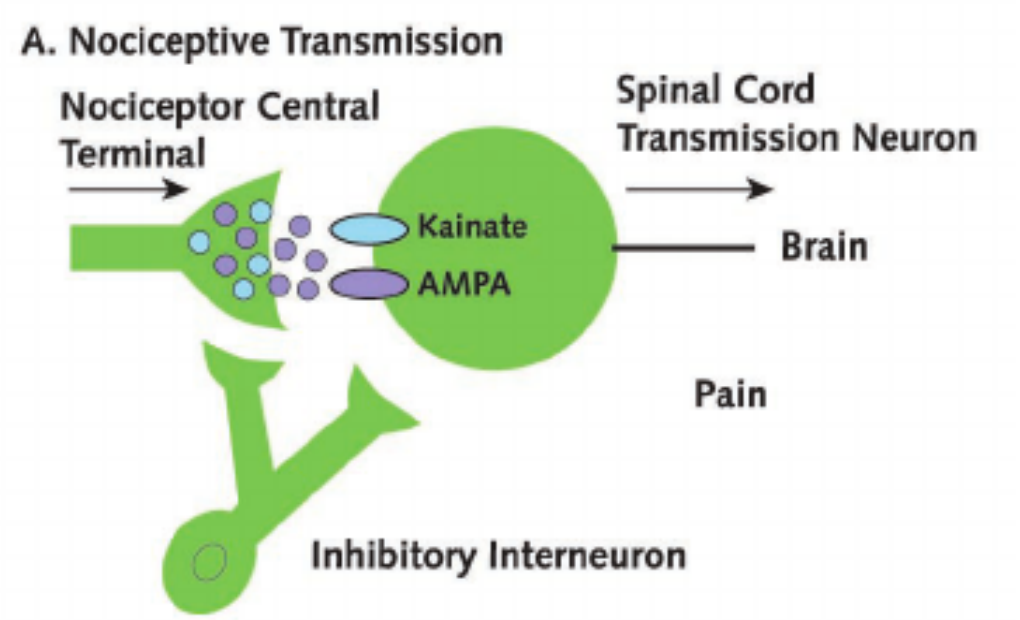


Figure 1
Normal sensation. The somatosensory system is organized such that the highly specialized primary sensory neurons that encode low intensity stimuli only activate those central pathways that lead to innocuous sensations, while high intensity stimuli that ...


Central Sensitization
Nociceptor
Hyperalgesia
Low-Threshold Mechanoceptor
Touch
Click on image to zoom
Nociceptor
Allodynia
Low-Threshold Mechanoceptor
Touch

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NORMAL NOCICEPTIVE TRANSMISSION 正常な侵害受容伝達

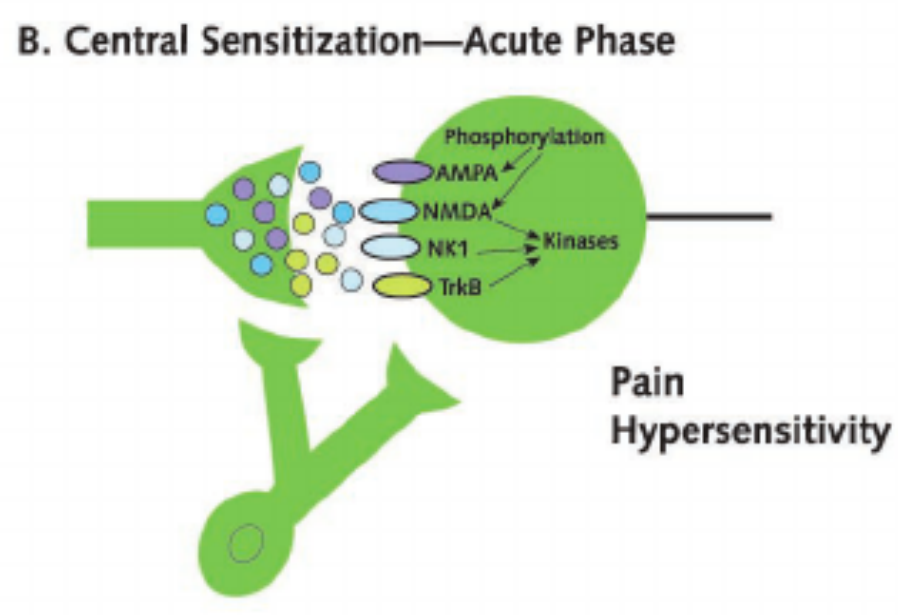


Mainly glutamate neurotransmitter via NMDA receptor

主にNMDA受容体を介したグルタミン酸神経伝達によって行われる。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

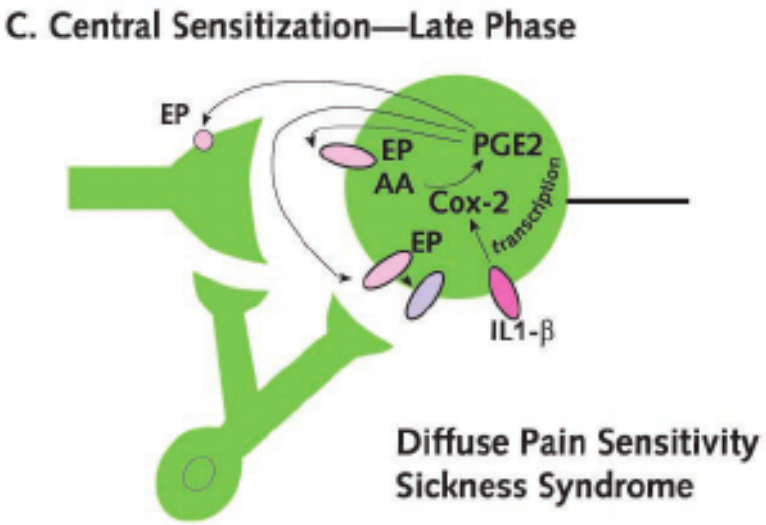
CENTRAL SENSITISATION – ACUTE PHASE 中枢性感作：急性期



- More receptors available, so we see a larger response from the same nociceptive impulse
- Hyperalgesia
- Allodynia
- Activity-dependent synaptic plasticity
- Normal event to avoid further damage
- 利用可能な受容体が増加するため、同じ侵害受容インパルスに対して、より大きな反応が生じる。
- 痛覚過敏
- アロディニア
- 活動依存性シナプス可塑性
- さらなる損傷を避けるための正常な反応

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

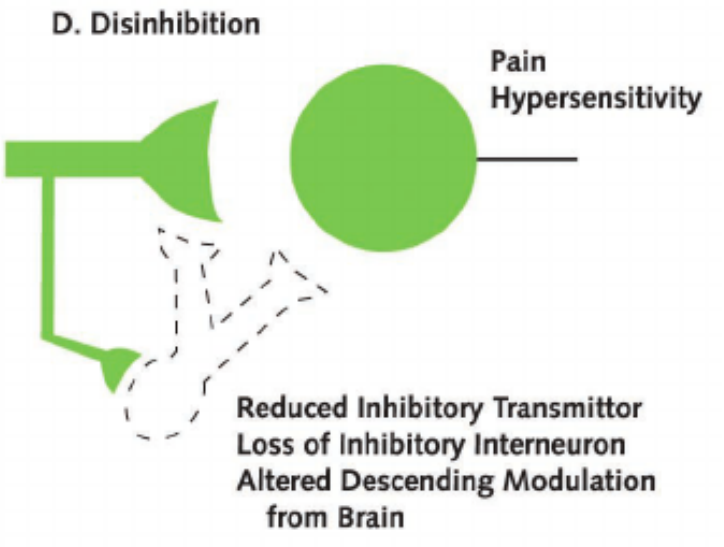
CENTRAL SENSITISATION – LATE PHASE 中枢性感作：後期



- Increased excitability of 2nd neuron in dorsal root ganglion
- Protein and enzymes are produced, making the neuron more efficient in producing a response
- Cytokines and pro-inflammatory products are produced, further stimulating the neuron
- now more hardwired
- Affecting adjoining and connecting neurons so we get a diffuse pain distribution and larger receptive field
- 脊髄後角における二次ニューロンの興奮性が増加する。
- タンパク質や酵素が産生され、ニューロンは反応を生じやすい状態になる。
- サイトカインや炎症促進性産物が産生され、ニューロンをさらに刺激する。
- この段階では、神経回路がより固定化される。
- 隣接するニューロンや接続しているニューロンにも影響が及ぶため、疼痛分布はよりびまん性となり、受容野も拡大する。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CENTRAL SENSITISATION - DISINHIBITION 中枢性感作：脱抑制



- Lose inhibitory activity (normally tonically firing which modulates pain response)
- We now lose one of the brains mechanism to modulate pain
- Hardwired as we have lost neurons
- Happening in dorsal horn and brainstem
- 抑制性活動が失われる。

  通常、この抑制系は持続的に発火し、疼痛反応を調節している。
- その結果、脳が疼痛を調節するためのメカニズムの一つが失われる。
- ニューロンの喪失により、神経回路はより固定化される。
- これは脊髄後角および脳幹で生じる。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CENTRAL SENSITISATION – NET EFFECTS 中枢性感作：正味の影響

- Deceased threshold of peripheral stimuli
  - Hyperalgesia
  - allodynia
- Expansion of receptive field
- Increased spontaneous activity
- 末梢刺激に対する閾値の低下
  - 痛覚過敏
  - アロディニア
- 受容野の拡大
- 自発活動の増加



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SUBJECTIVE FINDINGS 主観的所見

- Disproportionate, non-mechanical, unpredictable pattern of pain provocation in response to multiple/non-specific aggravating/easing factors.
- Pain persisting beyond expected tissue healing/pathological recovery times.
- Pain disproportionate to the nature and extent of injury or pathology.
- Widespread, non-anatomical distribution of pain.
- History of failed interventions (medical/surgical/therapeutic).
- Strong association with maladaptive psychosocial factors (e.g. negative emotions, poor self-efficacy, maladaptive beliefs, and pain behaviours, altered family/work/social life, medical conflict).
- Unresponsive to NSAIDs and/or more responsive to anti-epileptic (e.g. Lyrica) /anti-depressants (e.g. Amitriptyline) medication.
- 複数の、または非特異的な増悪因子・軽減因子に対して、不釣り合いで、非機械的かつ予測困難な疼痛誘発パターンを示す。
- 予測される組織治癒期間、または病理学的回復期間を超えて疼痛が持続している。
- 損傷または病理の性質や程度に対して、疼痛が不釣り合いである。
- 広範囲で、解剖学的分布に一致しない疼痛分布を示す。
- 過去の介入、すなわち医学的介入、外科的介入、治療的介入が奏功しなかった既往がある。
- 不適応的な心理社会的因子と強く関連している。
  例：否定的感情、自己効力感の低下、不適応的信念、疼痛行動、家庭・仕事・社会生活の変化、医療上の葛藤。
- NSAIDsに反応しにくい、または抗てんかん薬、たとえばLyrica、あるいは抗うつ薬、たとえばAmitriptylineにより反応しやすい。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SUBJECTIVE FINDINGS 主観的所見

- Reports of spontaneous (i.e. stimulus independent) pain and/or paroxysmal pain (i.e. sudden recurrences and intensification of pain).
- Pain in association with high levels of functional disability.
- More constant/unremitting pain.
- Night pain/disturbed sleep.
- Pain in association with other dysesthesias (e.g. burning, coldness).
- Hyperpathia or pain of high severity and irritability (i.e. easily provoked, taking a long time to settle)
- Positive identification of various psychosocial factors (e.g. catastrophisation, fear-avoidance behaviour, distress).
- 自発痛、すなわち刺激に依存しない疼痛、および／または発作性疼痛、すなわち疼痛の突然の再発や増悪が報告される。
- 疼痛が高度な機能障害を伴っている。
- より持続的で、軽減しにくい疼痛。
- 夜間痛、または睡眠障害。
- 灼熱感や冷感など、その他の異常感覚を伴う疼痛。
- 過度疼痛、または重度で刺激過敏性の高い疼痛。
  すなわち、容易に誘発され、落ち着くまでに長時間を要する疼痛。
- さまざまな心理社会的因子が明確に認められる。
  例：破局的思考、恐怖回避行動、心理的苦痛。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CLINICAL FEATURES 臨床特徴

Symptom	Characteristic of CS	Might be related to CS
Hypersensitivity to bright light	✓	
Hypersensitivity to touch	✓	
Hypersensitivity to noise	✓	
Hypersensitivity to pesticides	✓	
Hypersensitivity to mechanical pressure	✓	
Hypersensitivity to medication	✓	
Hypersensitivity to temperature (high and low)	✓	
Fatigue		✓
Sleep disturbances		✓
Unrefreshing sleep		✓
Concentration difficulties		✓
Swollen feeling (e.g. in limbs)		✓
Tingling		✓
Numbness		✓

CS, central sensitization.

Nijs, 2010

症状

中枢性感作に特徴的

明るい光に対する過敏性

触覚に対する過敏性

音に対する過敏性

農薬／殺虫剤に対する過敏性

機械的圧刺激に対する過敏性

薬剤に対する過敏性

温度に対する過敏性（高温および低温）

中枢性感作に関連する可能性がある

疲労

睡眠障害

非回復性睡眠

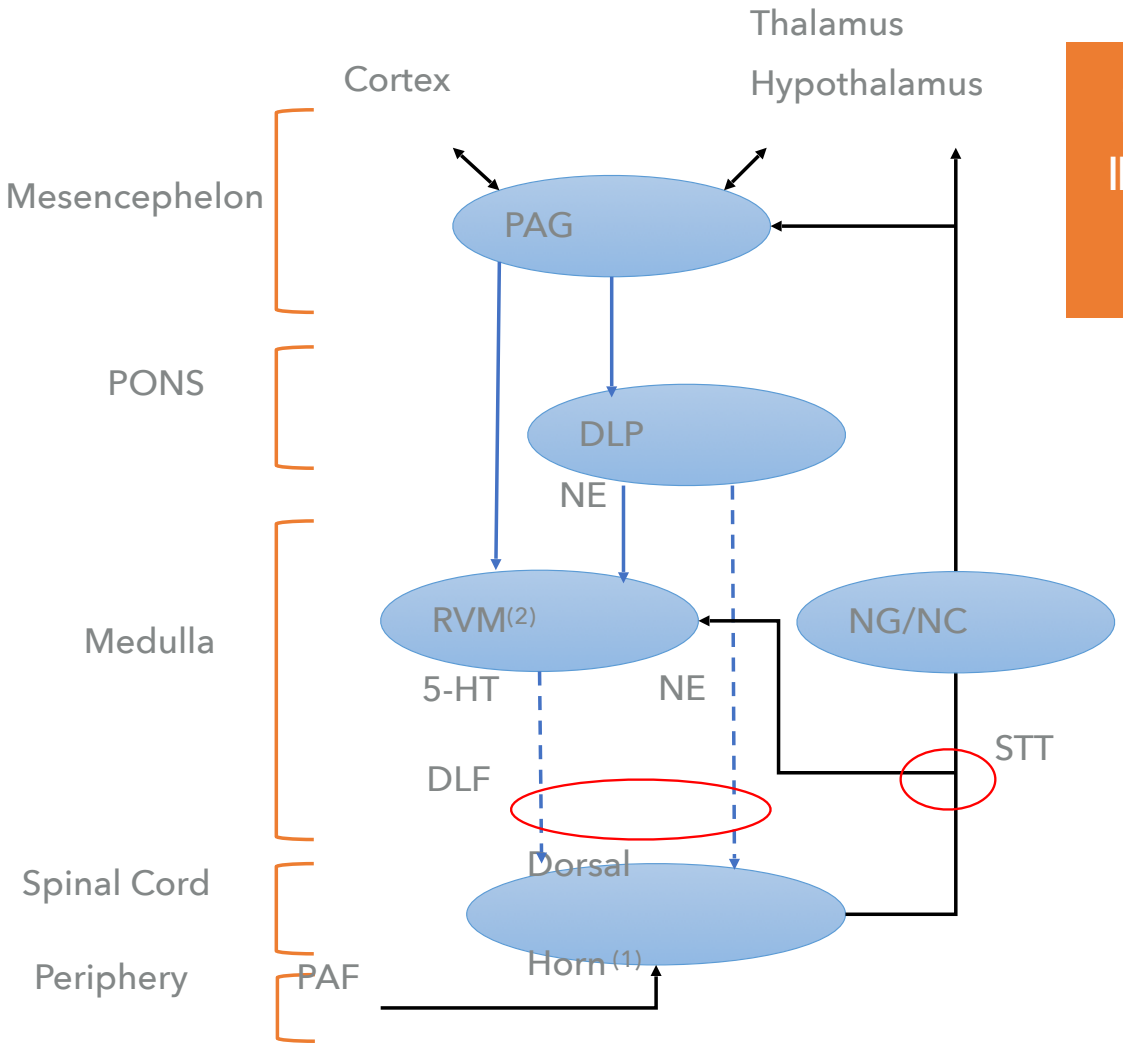
集中困難

腫れぼったい感覚、例：四肢

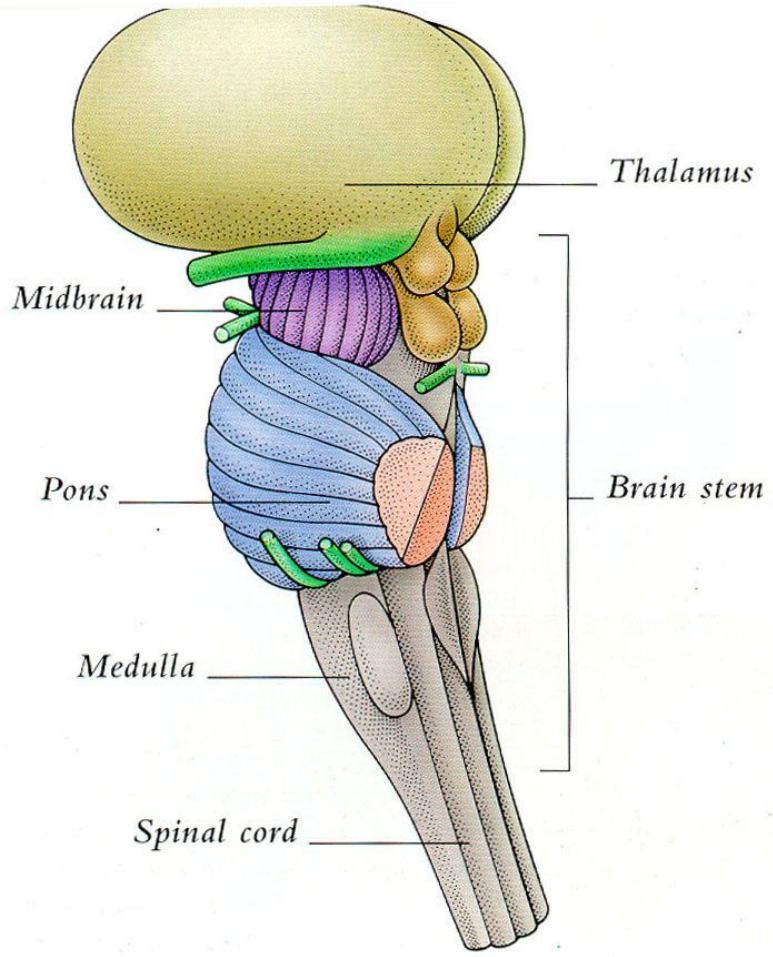
チクチク感

しびれ

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



DESCENDING INFLUENCE ON PAIN



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Collectively the pontomedullary reticular formation (PMRF) descend to inhibit pain
橋延髄網様体形成（PMRF）は、集合的に下行性に作用し、疼痛を抑制する。

What influences the PMRF?

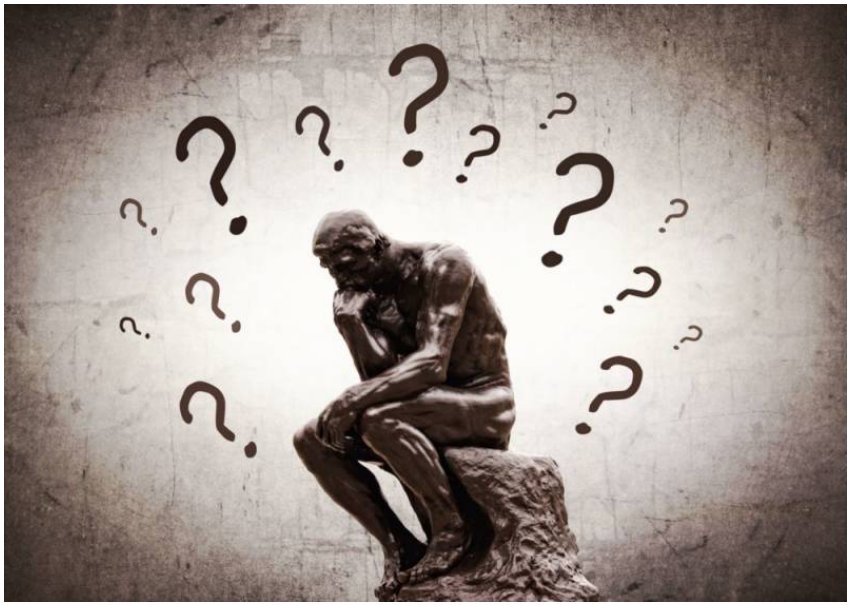
- Poor descending cortex
  - Rx - Brain based therapy
- Poor neurotransmitter turnover
  - Rx meds/ nutrition/diet
- Inflammation
  - Rx – meds/ nutrition/diet
- Peripheral sensitization neuroplasticity
  - Rx – peripheral neurogenic techniques
- Central sensitisation
  - Rx – large diameter afferentation

Where do you start for assessment and Rx?

PMRFに影響を与えるものは何か？

- 下行性皮質制御の低下
  - 介入：脳機能に基づく治療
- 神経伝達物質のターンオーバー低下
  - 介入：薬剤、栄養、食事
- 炎症
  - 介入：薬剤、栄養、食事
- 末梢性感作に伴う神経可塑性
  - 介入：末梢神経原性テクニック
- 中枢性感作
  - 介入：大径線維からの求心性入力

評価と治療は、どこから始めるべきか？



PAIN CONCEPT

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Pain is a complex process　疼痛は複雑なプロセスである。

Pain involves both the peripheral and central nervous system

疼痛には、末梢神経系と中枢神経系の両方が関与する。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

PAIN IS AN OUTPUT, NOT AN INPUT　疼痛は入力ではなく、出力である。

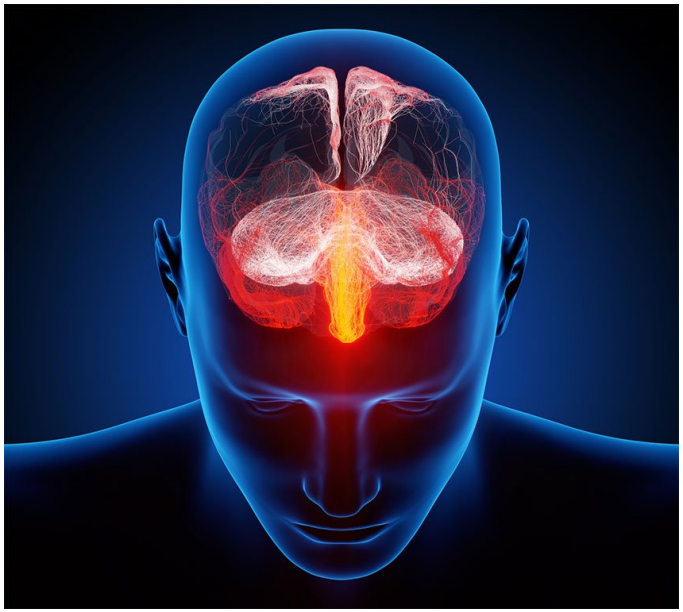
- Brain and Body work together
- Body detects the stimuli
- Brain is protector and makes a decision if action is necessary
- Brain perceives what the body is experiencing and makes an action (output)
- 脳と身体は協調して働く。
- 身体は刺激を検出する。
- 脳は保護者として働き、行動が必要かどうかを判断する。
- 脳は、身体が経験していることを知覚し、それに基づいて行動、すなわち出力を生み出す。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Pain emerges from the brain according to　痛みはどこから生じる

- the apparent danger to body tissues and the need for a response from the individual；
- not according to activities in nociceptive fibers or the actual state of the tissue.
- 疼痛は、身体組織に対する見かけ上の危険性と、その個人に反応が必要であるかどうかに基づいて、脳から生じる。
- 侵害受容線維の活動や組織の実際の状態そのものに基づいて生じるのではない。



Wall ,PD, Melzack R, Textbook of Pain 4th ed.

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Brain Interpretations of Pain 疼痛に対する脳の解釈

- The brain decides if SIGNALS from the body need a response
- If the brain decides there is DANGER, then Pain is 100% OUTPUT from the brain
- It is up to the brain to DECIDED what action is necessary
- 脳は、身体からのシグナルに反応が必要かどうかを判断する。
- 脳が危険であると判断した場合、疼痛は100%脳からの出力である。
- どのような行動が必要かを決定するのは、脳である。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Painful experiences can *create change* in the Brain

疼痛経験は脳に変化を生じさせる可能性がある。

- Pain memories–through the same mechanisms that enable humans to learn and retain memories
- Pain memories can form through sensitization of the nervous system and is apparent on brain imaging studies.
- The pathways that transport painful stimuli, may change, the structural changes may lead to increased excitation in the brain in the presence of painful stimulus.
- 疼痛記憶は、人が学習し、記憶を保持する際と同じメカニズムを通じて形成される。
- 疼痛記憶は、神経系の感作を通じて形成されることがあり、脳画像研究においても確認されている。
- 疼痛刺激を伝達する経路は変化する可能性があり、その構造的変化によって、疼痛刺激が存在する際の脳内興奮性が増加することがある。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

PAIN EVALUATION 疼痛評価

Comprehensive pain assessment/evaluation should

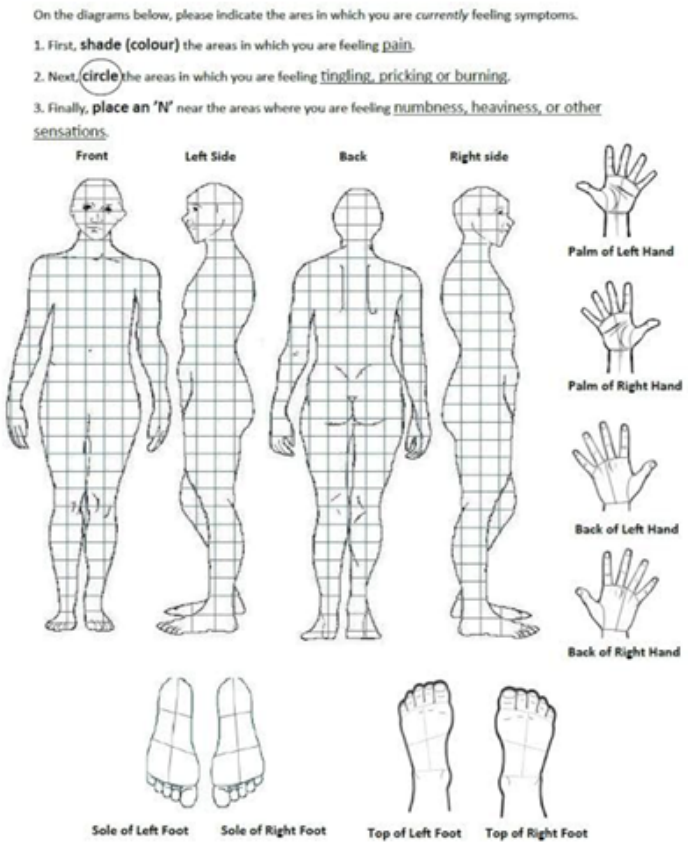
- Help the clinician create a picture of the patient's true experience
- Identify potential mechanisms and treatment targets
- Establish baselines for evaluating treatment effectiveness
- Predict the likelihood of pain persistence/chronicity

包括的な疼痛評価は、以下を目的として行うべきである。

- 患者の実際の体験を、臨床家が具体的に把握できるようにする。
- 潜在的なメカニズムおよび治療ターゲットを特定する。
- 治療効果を評価するためのベースラインを設定する。
- 疼痛が持続・慢性化する可能性を予測する。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Paper Version of Body Diagram



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

WHAT DO WE TELL PATIENTS?

JOURNAL OF MANUAL & MANIPULATIVE THERAPY, 2016
http://dx.doi.org/10.1080/10669817.2016.1231860

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

The effect of manual therapy and neuroplasticity education on chronic low back pain: a randomized clinical trial

Adriaan Louw[a], Kevin Farrell[b], Merrill Landers[c], Martin Barclay[b], Elise Goodman[b], Jordan Gillund[b], Sara McCaffrey[b] and Laura Timmerman[b]

[a]International Spine and Pain Institute, Story City, IA, USA; [b]Department of Physical Therapy Education, Residency Program, St. Ambrose University, Davenport, IA, USA; [c]Department of Physical Therapy, School of Allied Health Sciences, University of Nevada, Las Vegas, NV, USA

ABSTRACT

Objective: To determine if a neuroplasticity educational explanation for a manual therapy technique will produce a different outcome compared to a traditional mechanical explanation.
Methods: Sixty-two patients with chronic low back pain (CLBP) were recruited for the study. Following consent, demographic data were obtained as well as pain ratings for low back pain (LBP) and leg pain (Numeric Pain Rating Scale), disability (Oswestry Disability Index), fear-avoidance (Fear-Avoidance-Beliefs Questionnaire), forward flexion (fingertips-to-floor), and straight leg raise (SLR) (inclinometer). Patients were then randomly allocated to receive one of two explanations (neuroplasticity or mechanical), a manual therapy technique to their lumbar spine, followed by post-intervention measurements of LBP, leg pain, forward flexion, and SLR.
Results: Sixty-two patients (female 35 [56.5%]), with a mean age of 60.1 years and mean duration of 9.26 years of CLBP participated in the study. There were no statistically significant interactions for LBP ($p = .325$), leg pain ($p = .172$), and trunk flexion ($p = .818$) between the groups, but SLR showed a significant difference in favor of the neuroplasticity explanation ($p = .041$). Additionally, the neuroplasticity group were 7.2 times (95% confidence interval = 1.8–28.6) more likely to improve beyond the MDC on the SLR than participants in the mechanical group.
Discussion: The results of this study show that a neuroplasticity explanation, compared to a traditional biomechanical explanation, resulted in a measureable difference in SLR in patients with CLBP when receiving manual therapy. Future studies need to explore if the increase in SLR correlated to changes in cortical maps of the low back.

KEYWORDS
Pain; brain; plasticity; education; manual therapy; straight leg raise; remapping

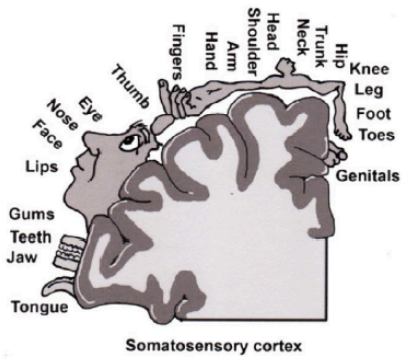
All received the same manual therapy, except they were given different explanations, one biomechanical, the other neuroplasticity

Neuroplasticity (EG)

Explanation

- Have a look at this picture – it's a picture of a brain map of a human body
- In your brain there is a map telling you where your body parts are. For example, if we had you close your eyes and touch your nose with your right index finger, you'd have no problem doing it
- When life is good and we move during daily tasks, work, and exercise these maps are 'exercised' and they stay healthy – sharp and crisp – so we know where the body parts are
- When we have pain, move less and do less, the brain areas are not exercised and in essence become blurred
- Scientists have now shown us that this happens very fast and the more 'blurred' the area is, the more pain we have
- We can retrain the brain maps
- Today I am going to do some manual treatments to your back as a means to help your brain sharpen its maps

Picture



Somatosensory cortex

Words during the treatment

- Let the patient know which level you're on (i.e. L5) and have them verbalize it
- When moving to another level, repeat the process

Biomechanical (CG)

Explanation

- Here is a picture of your low back
- There are five bones in your lower back
- When life is good and we move, for example, bending forward, each level takes part in the movement and in essence shares the load
- When we develop back pain – some levels stiffen up due to swelling and muscle spasms as a means to protect you
- I am going to do some treatment on your back with my hands to loosen up your back with the aim to make each level move

Picture



Words during the treatment

- No mention of what is found, but rather a 'general' stiffness and manual loosing up each level

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

WHAT DO WE TELL PATIENTS? 患者に言うべきこと

徒手療法および神経可塑性教育が慢性腰痛に及ぼす効果：ランダム化臨床試験

この研究では、慢性腰痛患者に対して同じ徒手療法を行った場合でも、その説明を「従来のバイオメカニクスに基づく説明」として行うか、「神経可塑性に基づく説明」として行うかによって、治療反応に違いが生じるかを検討した。

慢性腰痛患者62名を対象に、神経可塑性に基づく説明、または機械的・バイオメカニクス的説明のいずれかを行ったうえで、腰椎に対する徒手療法を実施した。

腰痛、下肢痛、体幹前屈では群間に統計学的に有意な差は認められなかったが、SLRでは神経可塑性に基づく説明を受けた群で有意な改善が認められた。

神経可塑性教育を受けた群は、従来の機械的説明を受けた群と比較して、SLRが最小検出可能変化量を超えて改善する可能性が7.2倍高かった。

この研究結果は、徒手療法を受ける慢性腰痛患者において、従来のバイオメカニクス的説明と比較して、神経可塑性に基づく説明がSLRに測定可能な差を生じさせることを示している。今後は、SLRの改善が腰部の皮質マップの変化と関連しているかを検討する必要がある。

全員が同じ徒手療法を受けた。異なっていたのは、その治療に対する説明である。一方の群にはバイオメカニクスに基づく説明が行われ、もう一方の群には神経可塑性に基づく説明が行われた。

神経可塑性に基づく説明（EG：実験群）

説明

この画像を見てください。これは、人間の身体に対応する脳内マップを示したものです。
脳の中には、身体の各部位がどこにあるかを示すマップがあります。たとえば、目を閉じて右手の人差し指で鼻を触ってくださいと言われても、問題なく行うことができます。日常生活、仕事、運動の中で身体をよく動かしていると、このようなマップは「使われる」ため、健康な状態を保ちます。つまり、明瞭で鮮明な状態が保たれ、自分の身体部位がどこにあるかを把握できます。一方で、疼痛があり、動く量や活動量が減ると、これらの脳領域は十分に使われなくなり、結果としてマップはぼやけていきます。現在の研究では、この変化は非常に速く起こることが示されています。そして、その領域が「ぼやける」ほど、疼痛は強くなります。私たちは、脳内マップを再トレーニングすることができます。今日は、あなたの脳がこのマップをより鮮明にできるようにする目的で、腰部に対して徒手療法を行います。

図：体性感覚野

治療中の言葉かけ

どのレベルを治療しているのか、たとえばL5などを患者に伝え、それを患者自身にも言葉で確認してもらう。

別のレベルへ移動するたびに、このプロセスを繰り返す。バイオメカニクスに基づく説明（CG：対照群）

説明

これは、あなたの腰部の画像です。腰には5つの骨があります。身体の状態が良く、たとえば前屈のように動くときには、それぞれのレベルが動作に参加し、本質的には負荷を分担しています。腰痛が生じると、身体を保護するために、腫脹や筋スパズムによって一部のレベルが硬くなります。
これから、各レベルが動きやすくなることを目的として、手を使って腰部を緩める治療を行います。

図　腰椎

治療中の言葉かけ

見つかった所見については具体的に言及せず、「全体的な硬さ」や「各レベルを徒手的に緩める」という一般的な説明にとどめる。

Neuroscience education about pain helps on its own!!

Conclusions: For chronic MSK pain disorders, there is compelling evidence that an educational strategy addressing neurophysiology and neurobiology of pain can have a positive effect on pain, disability, catastrophization, and physical performance.

疼痛に関する神経科学教育は、それ自体でも効果がある！

結論：慢性筋骨格系疼痛においては、疼痛の神経生理学および神経生物学を扱う教育的アプローチが、疼痛、障害、破局的思考、身体パフォーマンスに対して肯定的な効果をもたらすという、説得力のあるエビデンスが存在する。

SYSTEMATIC REVIEW

The Effect of Neuroscience Education on Pain, Disability, Anxiety, and Stress in Chronic Musculoskeletal Pain

Adriaan Louw, PT, MAppSc, Ina Diener, PT, PhD, David S. Butler, PT, EdD, Emilio J. Puentedura, PT, DPT

ABSTRACT. Louw A, Diener I, Butler DS, Puentedura EJ. The effect of neuroscience education on pain, disability, anxiety, and stress in chronic musculoskeletal pain. Arch Phys Med Rehabil 2011;92:2041-56.

Objective: To evaluate the evidence for the effectiveness of neuroscience education (NE) for pain, disability, anxiety, and stress in chronic musculoskeletal (MSK) pain.

Data Sources: Systematic searches were conducted on Biomed Central, BMJ.com, CINAHL, the Cochrane Library, NLM Central Gateway, OVID, ProQuest (Digital Dissertations), PsycInfo, PubMed/Medline, ScienceDirect, and Web of Science. Secondary searching (PEARLing) was undertaken, whereby reference lists of the selected articles were reviewed for additional references not identified in the primary search.

Study Selection: All experimental studies including randomized controlled trials (RCTs), nonrandomized clinical trials, and case series evaluating the effect of NE on pain, disability, anxiety, and stress for chronic MSK pain were considered for inclusion. Additional limitations: studies published in English, published within the last 10 years, and patients older than 18 years. No limitations were set on specific outcome measures of pain, disability, anxiety, and stress.

Data Extraction: Data were extracted using the participants, interventions, comparison, and outcomes (PICO) approach.

Data Synthesis: Methodological quality was assessed by 2 reviewers using the Critical Review Form–Quantitative Studies. This review includes 8 studies comprising 6 high-quality RCTs, 1 pseudo-RCT, and 1 comparative study involving 401 subjects. Most articles were of good quality, with no studies rated as poor or fair. Heterogeneity across the studies with respect to participants, interventions evaluated, and outcome measures used prevented meta-analyses. Narrative synthesis of results, based on effect size, established compelling evidence that NE may be effective in reducing pain ratings, increasing function, addressing catastrophization, and improving movement in chronic MSK pain.

Conclusions: For chronic MSK pain disorders, there is compelling evidence that an educational strategy addressing neurophysiology and neurobiology of pain can have a positive effect on pain, disability, catastrophization, and physical performance.

Key Words: Education; Musculoskeletal System; Neurophysiology; Neurosciences; Pain; Rehabilitation.

© *2011 by the American Congress of Rehabilitation Medicine*

PAIN IS A POWERFUL motivating force that guides treatment-seeking behaviors in patients.[1-3] Patient education has long been explored in the management of pain, anxiety, and stress associated with low back pain (LBP).[4-7] In the orthopedic domain, there are a number of studies on the effect of patient education on pain, with outcomes ranging from "excellent"[8] to "poor."[9,10] The study by Udermann et al[8] demonstrated that introduction of an individualized educational booklet on back biomechanics can result in decreased pain and frequency of LBP episodes in patients with chronic LBP (CLBP). In contrast to those findings, 2 systematic reviews[9,10] on the effect of individualized and/or group education for LBP and mechanical neck pain showed little efficacy for such education.

Most education programs for orthopedic patient populations have used anatomic and biomechanical models for addressing pain,[4,11-14] which not only have shown limited efficacy,[4,11,12,15,16] but may even have increased patient fears, anxiety, and stress, thus negatively impacting their outcomes.[11,17-19] Several educational strategies are advocated for patients with LBP, including biomechanical/back school type of education, evidence-based guideline education (ie, *The Back Book*[20]), cognitive behavioral therapy, and recently, neuroscience education (NE).

NE can be best described as an educational session or sessions describing the neurobiology and neurophysiology of pain, and pain processing by the nervous system. Instead of a

List of Abbreviations

BPPT	brachial plexus provocation test
CFS	chronic fatigue syndrome
CLBP	chronic low back pain
CONSORT	Consolidated Standards of Reporting Trials
LBP	low back pain
MSK	musculoskeletal

疼痛神経科学教育が、慢性筋骨格系疼痛における疼痛、障害、不安、ストレスに及ぼす効果：システマティックレビュー

慢性筋骨格系疼痛に対して、疼痛の神経生理学および神経生物学を扱う教育戦略は、疼痛、障害、破局的思考、身体機能に対して肯定的な効果をもたらす可能性があるという説得力のあるエビデンスが示されている。疼痛神経科学教育は、単に「構造が悪い」「関節が硬い」と説明するのではなく、疼痛が神経系によってどのように処理・調節されるかを患者が理解するための教育である。このような教育は、慢性疼痛患者の恐怖、不安、破局的思考を軽減し、動作や身体機能の改善を促す可能性がある。



CORTICAL REMODELLING
皮質リモデリング

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Chronic musculoskeletal pain is characterized by maladaptive central neuroplastic changes.
慢性筋骨格系疼痛は、不適応的な中枢神経可塑性変化を特徴とする。

Many observational studies have demonstrated that chronic pain states are associated with brain alterations regarding structure and/or function.

多くの観察研究により、慢性疼痛状態は、脳の構造および／または機能の変化と関連していることが示されている。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

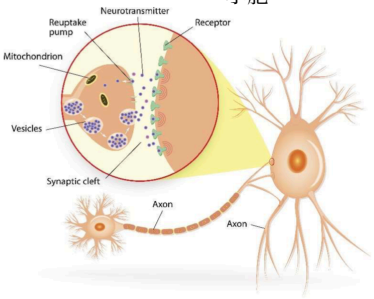
WIDESPREAD CNS PLASTIC CHANGES WITH CHRONIC PAIN

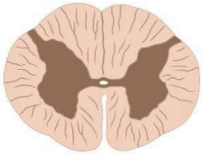
シナプスにおける可塑性
- 脊髄レベルでのシナプス前およびシナプス後の変化
- LTPおよびLTD（一緒に発火するニューロンは、結合を強める）

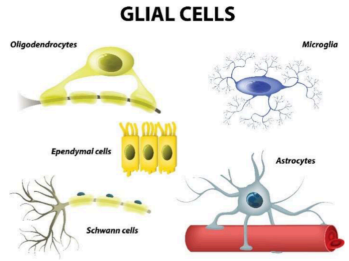
脊髄の変化
- 下行性抑制の低下
- 脊髄回路のリモデリング

グリア細胞における構造的・機能的変化
- 侵害受容の過敏性
- ミクログリア、アストロサイト、衛星グリア細胞、オリゴデンドロサイト

- Plasticity at synapses
  - Spinal presynaptic and postsynaptic changes
  - LTP and LTP (fire together, wire together)
- Spinal cord changes
  - reduced descending inhibition
  - Remodelling of spinal circuits
- Structural & function changes in glial cells
  - nociceptive hypersensitivity
  - Microglia, astrocytes, satellite glial cells, & oligodendrocytes,







Kuner R, Flor H. Structural plasticity and reorganisation in chronic pain. Nature Reviews Neuroscience. 2017;18(1):20; Baliki M, áVania Apkarian A. Nociception, pain, negative moods, and behavior selection. Neuron. 2015;87(3):474-491; Diverse Role of Biological Plasticity in Low Back Pain and Its Impact on Sensorimotor Control of the Spine

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

慢性疼痛に伴う広範な中枢神経系の可塑的変化

皮質表象の拡大およびシフト

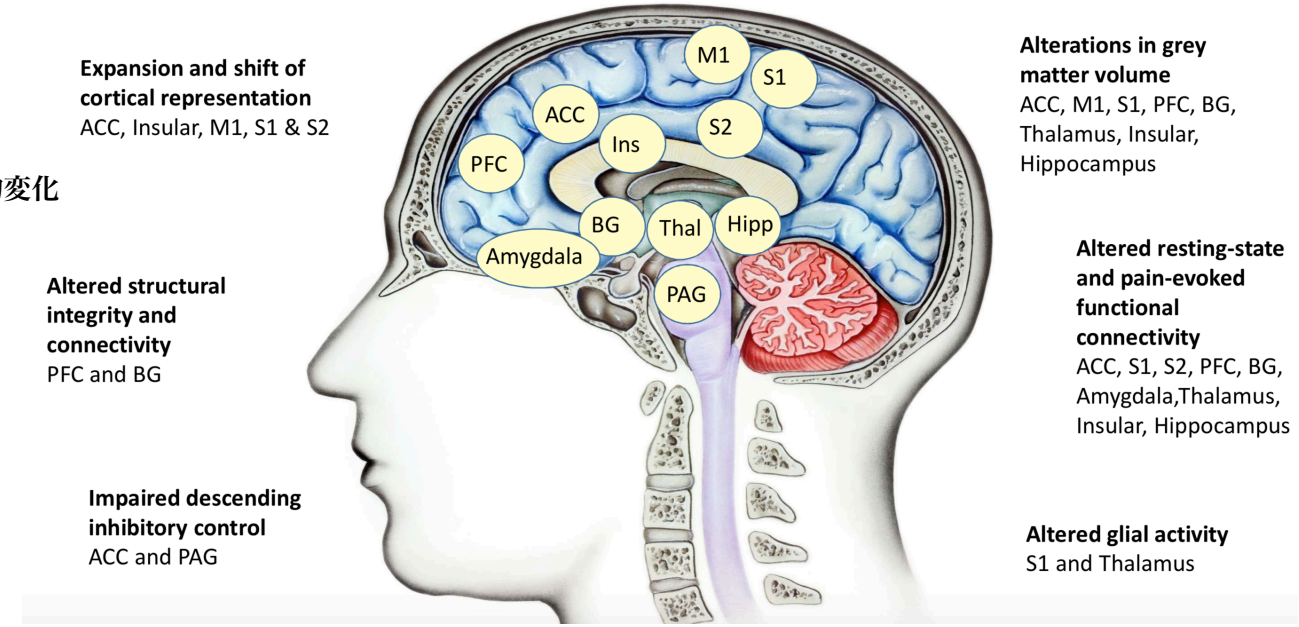
ACC、島皮質、M1、S1、S2

構造的完全性および結合性の変化

PFC、大脳基底核

下行性抑制制御の低下

ACC、PAG



PFC：前頭前皮質

ACC：前帯状皮質

Ins：島皮質

M1：一次運動野

S1：一次体性感覚野

S2：二次体性感覚野

BG：大脳基底核

Thal：視床

Hipp：海馬

Amygdala：扁桃体

PAG：中脳水道周囲灰白質

灰白質容積の変化

ACC、M1、S1、PFC、大脳基底核、視床、島皮質、海馬

安静時および疼痛誘発時の機能的結合性の変化

ACC、S1、S2、PFC、大脳基底核、扁桃体、視床、島皮質、海馬

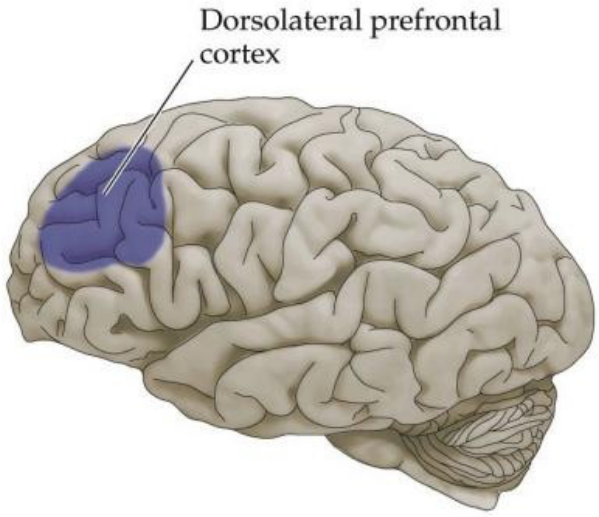
グリア活動の変化

S1、視床

Kuner R, Flor H. Structural plasticity and reorganisation in chronic pain. Nature Reviews Neuroscience. 2017;18(1):20.

- Certain brain regions known to be active in pain processing exhibit morphological alterations in chronic pain patients compared to pain-free healthy people *(associative or causative??)*
- The dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), has received particular interest due to its role in controlling pain perception by modulation of cortico-subcortical and cortico-cortical pathways
- Gray matter volume or thickness of the DLPFC was shown to be decreased in multiple cross-sectional studies comparing chronic low back pain, fibromyalgia, and complex regional pain syndrome (CRPS) patients with healthy controls
- 疼痛処理に関与することが知られている特定の脳領域では、慢性疼痛患者において、疼痛のない健常者と比較して形態学的変化が認められる。

  これは関連なのか、それとも因果なのか？
- 背外側前頭前皮質（DLPFC）は、皮質-皮質下経路および皮質-皮質経路の調節を通じて疼痛知覚を制御する役割を持つため、特に注目されている。
- 慢性腰痛、線維筋痛症、複合性局所疼痛症候群（CRPS）患者と健常対照者を比較した複数の横断研究において、DLPFCの灰白質容積または皮質厚の低下が示されている。



Pain Physician 2017; 20:139-154

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

10410 • The Journal of Neuroscience, November 17, 2004 • 24(46):10410–10415

慢性背部痛は、前頭前皮質および視床の灰白質密度低下と関連する

Behavioral/Systems/Cognitive

Chronic Back Pain Is Associated with Decreased Prefrontal and Thalamic Gray Matter Density

A. Vania Apkarian,[1] Yamaya Sosa,[1] Sreepadma Sonty,[2] Robert M. Levy,[3] R. Norman Harden,[5] Todd B. Parrish,[4] and Darren R. Gitelman[2,4]

[1]Department of Physiology and Institute of Neuroscience, and Departments of [2]Neurology, [3]Neurosurgery, and [4]Radiology, and [5]Rehabilitation Institute of Chicago, Northwestern University Feinberg School of Medicine, Chicago, Illinois 60611

The role of the brain in chronic pain conditions remains speculative. We compared brain morphology of 26 chronic back pain (CBP) patients to matched control subjects, using magnetic resonance imaging brain scan data and automated analysis techniques. CBP patients were divided into neuropathic, exhibiting pain because of sciatic nerve damage, and non-neuropathic groups. Pain-related characteristics were correlated to morphometric measures. Neocortical gray matter volume was compared after skull normalization. Patients with CBP showed 5–11% less neocortical gray matter volume than control subjects. The magnitude of this decrease is equivalent to the gray matter volume lost in 10–20 years of normal aging. The decreased volume was related to pain duration, indicating a 1.3 cm^3 loss of gray matter for every year of chronic pain. Regional gray matter density in 17 CBP patients was compared with matched controls using voxel-based morphometry and nonparametric statistics. Gray matter density was reduced in bilateral dorsolateral prefrontal cortex and right thalamus and was strongly related to pain characteristics in a pattern distinct for neuropathic and non-neuropathic CBP. Our results imply that CBP is accompanied by brain atrophy and suggest that the pathophysiology of chronic pain includes thalamocortical processes.

慢性背部痛患者では、対照群と比較して、新皮質の灰白質容積が5〜11％少ないことが示された。

この低下の大きさは、通常の加齢における10〜20年分の灰白質減少に相当する。

灰白質容積の低下は疼痛の持続期間と関連しており、慢性疼痛が1年続くごとに、約1.3cm^3の灰白質が失われることを示している。

灰白質密度は、両側の背外側前頭前皮質および右視床で低下していた。

また、この低下は疼痛特性と強く関連しており、神経障害性の慢性背部痛と非神経障害性の慢性背部痛では異なるパターンを示した。

これらの結果は、慢性背部痛が脳萎縮を伴うことを示唆し、慢性疼痛の病態生理には視床皮質プロセスが含まれる可能性を示している。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Received: 30 November 2017 | Revised: 5 August 2018 | Accepted: 7 August 2018

DOI: 10.1002/ejp.1304

REVIEW ARTICLE

WILEY EJP European Journal of Pain

What does the grey matter decrease in the medial prefrontal cortex reflect in people with chronic pain?

David Kang[1,2] | James H. McAuley[1,2] | Mustafa S. Kassem[1] | Justine M. Gatt[1,3] | Sylvia M. Gustin[1,3]

[1]Neuroscience Research Australia, Sydney, NSW, Australia

[2]UNSW Medicine, UNSW Sydney, Sydney, NSW, Australia

[3]School of Psychology, UNSW Sydney, Sydney, NSW, Australia

Correspondence
Sylvia M. Gustin, School of Psychology, UNSW Sydney, Sydney, NSW, Australia.
Email: s.gustin@unsw.edu.au

Funding information
National Health and Medical Research Council of Australia (GNT1084240,

Abstract

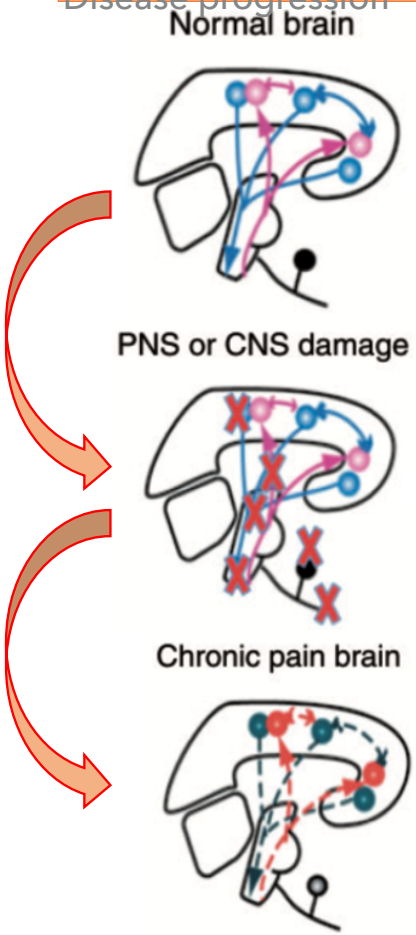
Background and Objective: Alterations in the grey matter volume of several brain regions have been reported in people with chronic pain. The most consistent observation is a decrease in grey matter volume in the medial prefrontal cortex. These findings are important as the medial prefrontal cortex plays a critical role in emotional and cognitive processing in chronic pain. Although a logical cause of grey matter volume decrease may be neurodegeneration, this is not supported by the current evidence. Therefore, the purpose of this review was to evaluate the existing literature to unravel what the decrease in medial prefrontal cortex grey matter volume in people with chronic pain may represent on a biochemical and cellular level.

慢性疼痛患者における内側前頭前皮質の灰白質減少は、何を反映しているのか？

慢性疼痛患者では、複数の脳領域において灰白質容積の変化が報告されている。
その中でも最も一貫して認められている所見は、内側前頭前皮質における灰白質容積の減少である。
この所見は重要である。なぜなら、内側前頭前皮質は、慢性疼痛における情動処理および認知処理に重要な役割を果たすためである。
灰白質容積の減少は、一見すると神経変性によるものと考えられるかもしれない。
しかし、現在のエビデンスはそれを支持していない。
そのため、このレビューでは、慢性疼痛患者における内側前頭前皮質の灰白質容積減少が、生化学的および細胞レベルで何を反映しているのかを明らかにすることを目的としている。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Disease progression



Brain changes

Altered sensation

(eg. Hyperalgesia, allodynia, spontaneous pain)

- Primary sensory and motor cortices
- Thalamus
- Posterior Insula

Altered emotion

(eg. Reward deficit syndrome; depression, anxiety)

- Cingulate cortex
- Orbitofrontal cortex
- Medial frontal cortex
- Anterior Insula
- Accumbens
- Hippocampus
- Amygdala

Altered cognition/integrative processing

(eg. Memory, placebo response)

- Basal Ganglia
- Parietal cortex
- Temporal lobe
- Hippocampus

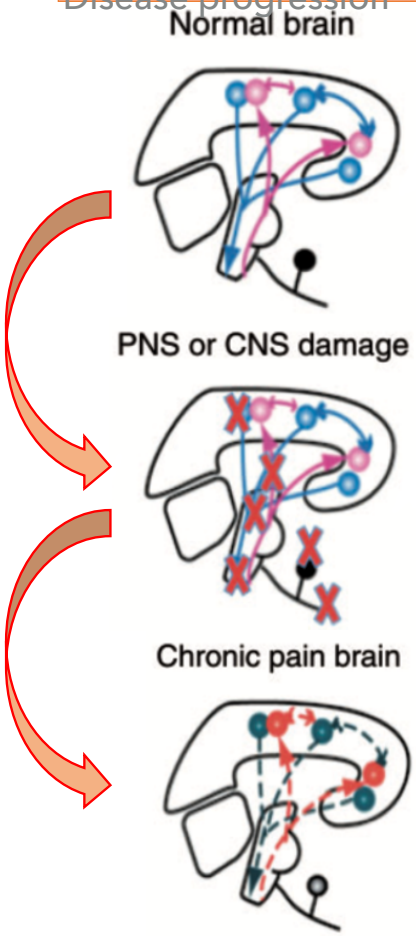
Altered pain modulation

(eg. Increased sensitivity, diminished response to analgesics)

- Periaqueductal Grey
- Nucleus Cuneiformis
- Raphe Nuscleus
- Cortical and subcortical inputs

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Disease progression



Brain changes

感覚の変化

例：痛覚過敏、アロディニア、自発痛

- 一次感覚野および一次運動野
- 視床
- 後部島皮質

情動の変化

例：報酬欠乏症候群、抑うつ、不安

- 帯状皮質
- 眼窩前頭皮質
- 内側前頭皮質
- 前部島皮質
- 側坐核
- 海馬
- 扁桃体

認知および統合処理の変化

例：記憶、プラセボ反応

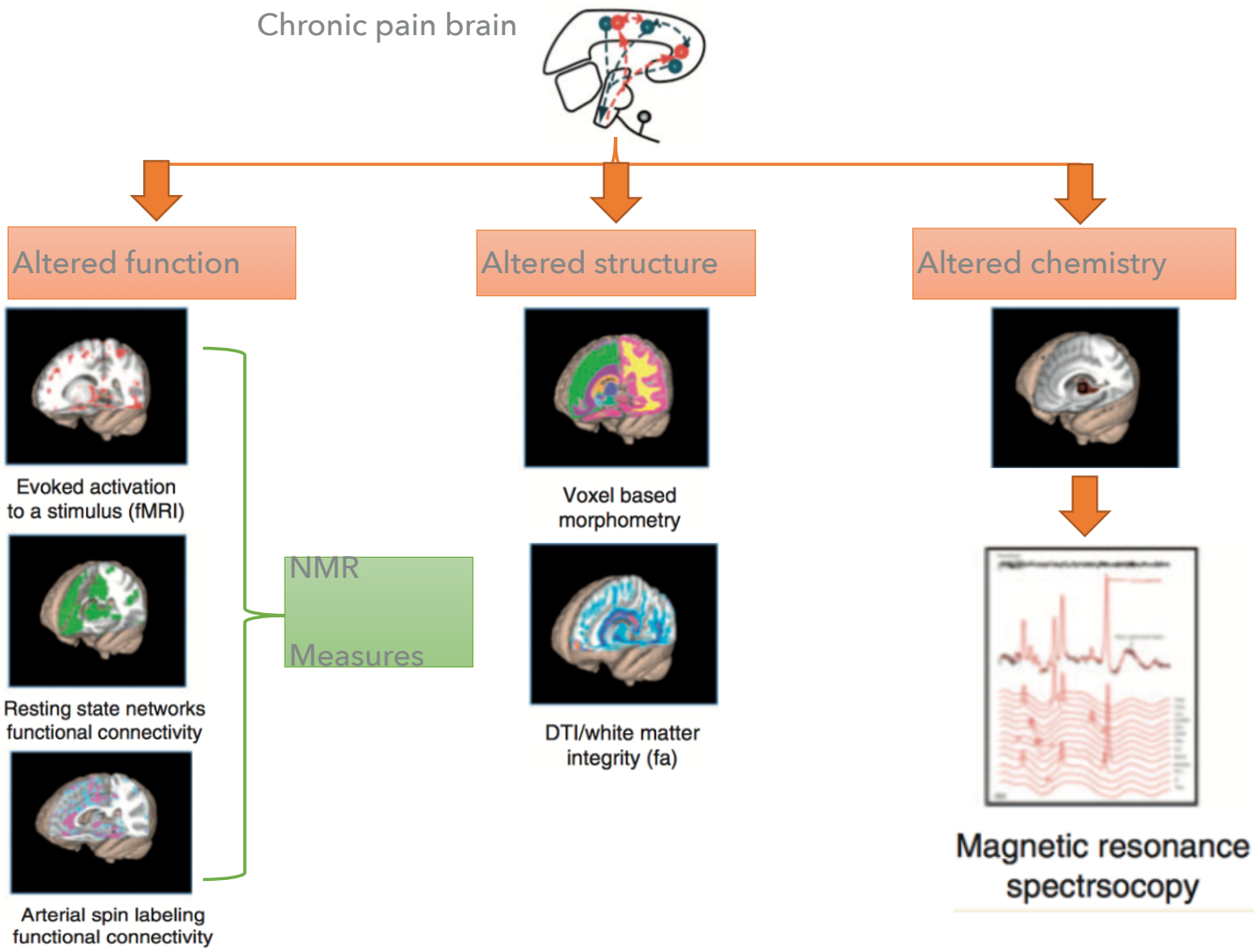
- 大脳基底核
- 頭頂皮質
- 側頭葉
- 海馬

疼痛調節の変化

例：感受性の増加、鎮痛薬に対する反応性の低下

- 中脳水道周囲灰白質
- 楔状核
- 縫線核
- 皮質および皮質下からの入力

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



Changes in function, structure and chemistry in chronic pain. Chronic pain alters the brain (left) and produces alterations in function [e.g. increased activation as in central sensitization, altered resting state networks; and altered chemistry [e.g. changes in excitatory and inhibitory amino acids,

慢性疼痛における機能、構造、化学的変化

慢性疼痛は脳を変化させ、機能の変化を生じさせる。

例：中枢性感作にみられるような活性化の増加、安静時ネットワークの変化。

また、化学的変化も生じる。

例：興奮性および抑制性アミノ酸の変化。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

INNER AND EXTERNAL MAPS　内部マップと外部マップ

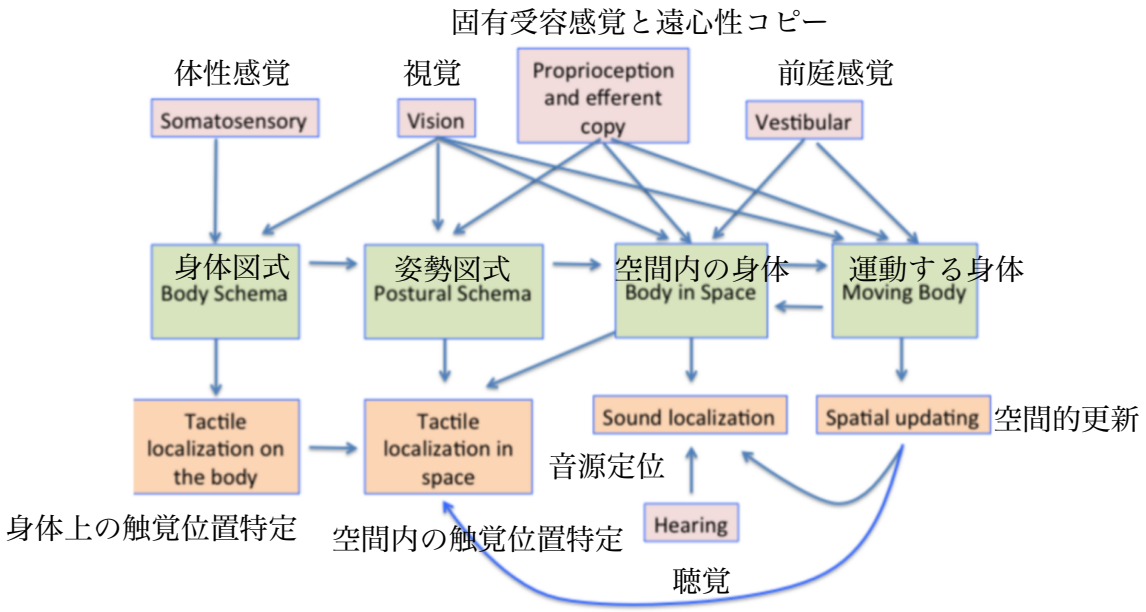


FIGURE 8 | A summary model of the multisensory contributions to the multiple representations of the body in the brain and how they influence aspects of perception. The pink boxes show the sensory contributions to the representations shown in the green boxes. These representations are then involved in multiple aspects of sensory processing, some examples of which are shown in the orange boxes below.

図8　脳内における複数の身体表象に対して、多感覚情報がどのように寄与し、それらが知覚の各側面にどのように影響するかを示した要約モデル。
ピンク色のボックスは、緑色のボックスで示された身体表象に対する感覚情報の寄与を示している。これらの身体表象は、その後、感覚処理の複数の側面に関与する。
その一部の例が、下段のオレンジ色のボックスに示されている。

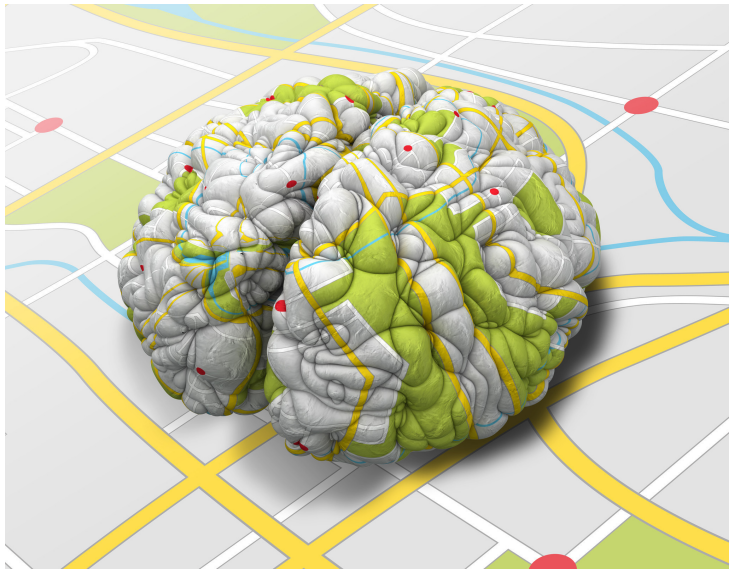
Brain interprets the environment and creates maps, giving us a perception
- It can be wrong!
- 95% of brain function is subconscious

- 脳は環境を解釈し、マップを作り出すことで、私たちに知覚を与えている。
それは間違っている可能性がある。
脳機能の95%は無意識下で行われている。

Harris at al 2015

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CHRONIC PAIN IS AN EXAMPLE OF FAULTY INNER BODY MAPS AND MALADAPTIVE NEURAL PLASTIC CHANGES
慢性疼痛は、身体内部マップの誤りと、不適応的な神経可塑性変化の一例である。



Apkarian AV, Hashmi JA, Baliki MN. Pain and the brain: specificity and plasticity of the brain in clinical chronic pain. Pain. 2011;152(3 Suppl):S49; May A. Chronic pain may change the structure of the brain. PAIN®. 2008/06/30/ 2008;137(1):7-15; Costigan M, Scholz J, Woolf CJ. Neuropathic Pain: A Maladaptive Response of the Nervous System to Damage. Annual Review of Neuroscience. 2009;32(1):1-32.

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

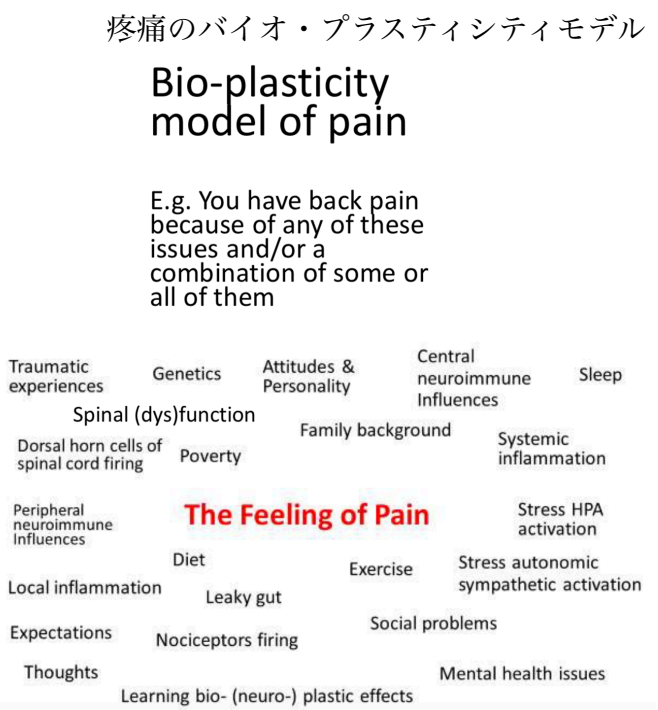
疼痛の構造病理モデル



例：あなたの腰痛は、腰部に組織病理があるために生じています。

「問題はあなたの腰にあります！」

疼痛のバイオ・プラスティシティモデル



例：あなたの腰痛は、以下の要因のいずれか、またはそれらの一部・すべてが組み合わさることで生じています。

外傷体験
遺伝
態度・人格特性
中枢性神経免疫の影響
睡眠
脊椎機能／機能異常
脊髄後角細胞の発火
貧困
家族背景
全身性炎症
末梢性神経免疫の影響
局所炎症
食事
リーキーガット
侵害受容器の発火
運動
ストレスによるHPA軸の活性化
ストレスによる自律神経・交感神経系の活性化
社会的問題
メンタルヘルスの問題
期待・予測
思考
学習による生物学的・神経可塑的影響
疼痛の感覚

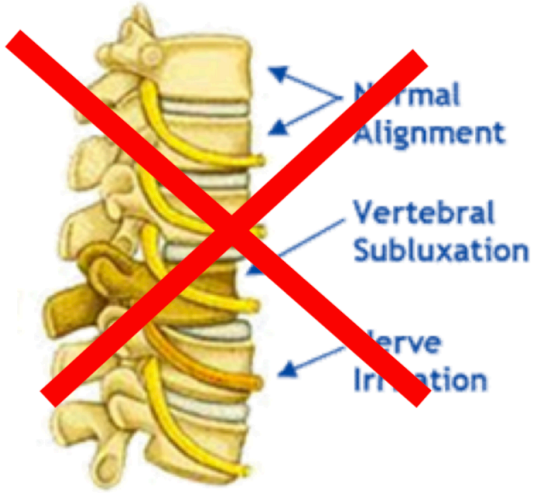
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Structural Pathology Models

Bone out of place squashing nerve theory

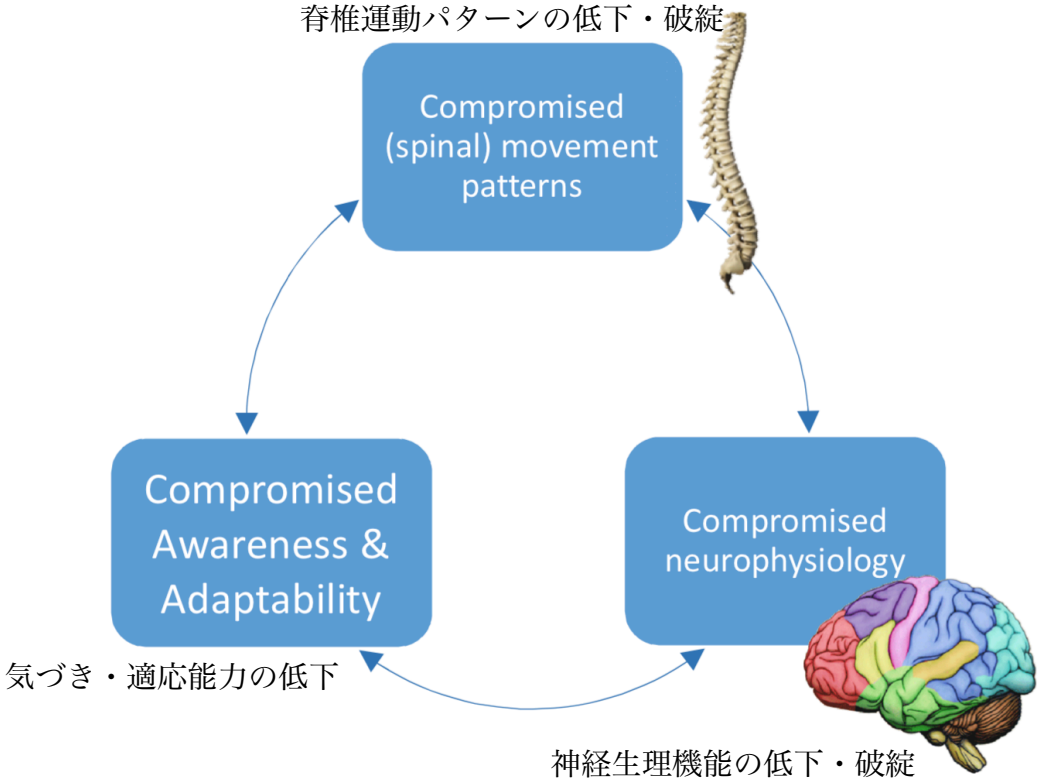
Clinical biomechanics problem

構造病理モデル
神経を圧迫している骨の位置異常という理論
臨床バイオメカニクス上の問題



Neuroplasticity Model

神経可塑性モデル



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

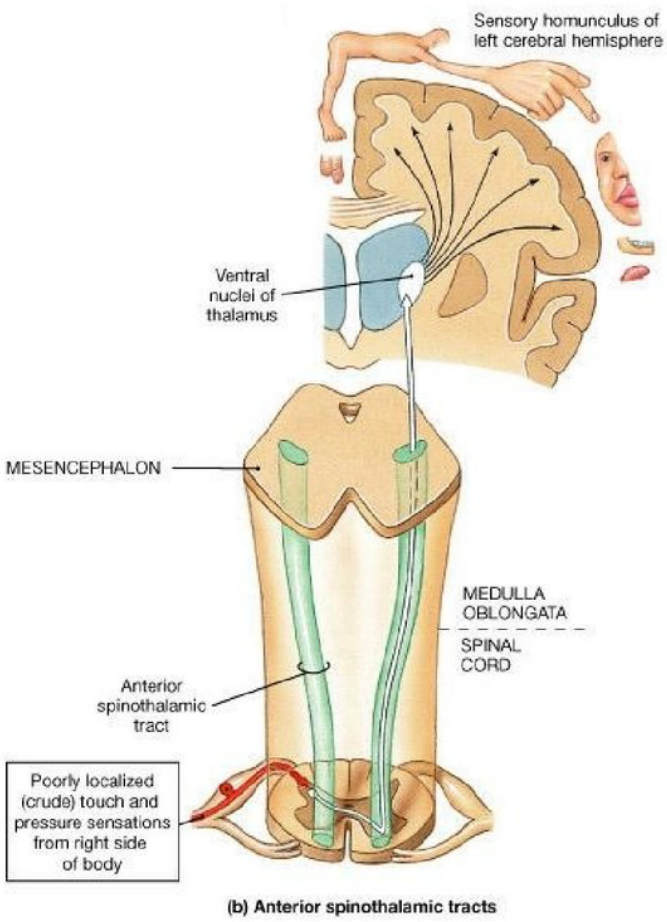
IN LIEU OF PAIN, WHAT WOULD PATIENTS PRESENT WITH?
疼痛の代わりに、患者はどのような症状を呈するだろうか？

What MIGHT be going on for this person:	How MIGHT this be expressed for this person ? What questions could you ask?
Poor shoulder/elbow proprioception	Might bump into things, Might knock elbow on door frames
Poor motor learning	May not learn movements well. Struggling to write, struggling with sport, struggling with work-related movement skills (not learning well)
Poor multimodal integration of sound and visual information	May have more falls (as slower to identify surroundings and respond to them appropriately), may find it hard to function in noisy sensory-rich surroundings, may struggle to identify objects fast
Poor arm movements	May be clumsy, miss objects they are trying to grasp, put cup down so falls off table (as missed table edge), etc
Poor cerebellar-cortex communication	Clumsiness, poor motor learning, struggling to learn instrument, sport, work tasks, shaky, poor fine motor control,
Neck muscle fatigue	Gets sore neck, feels head is too heavy for their body, needs to rest often

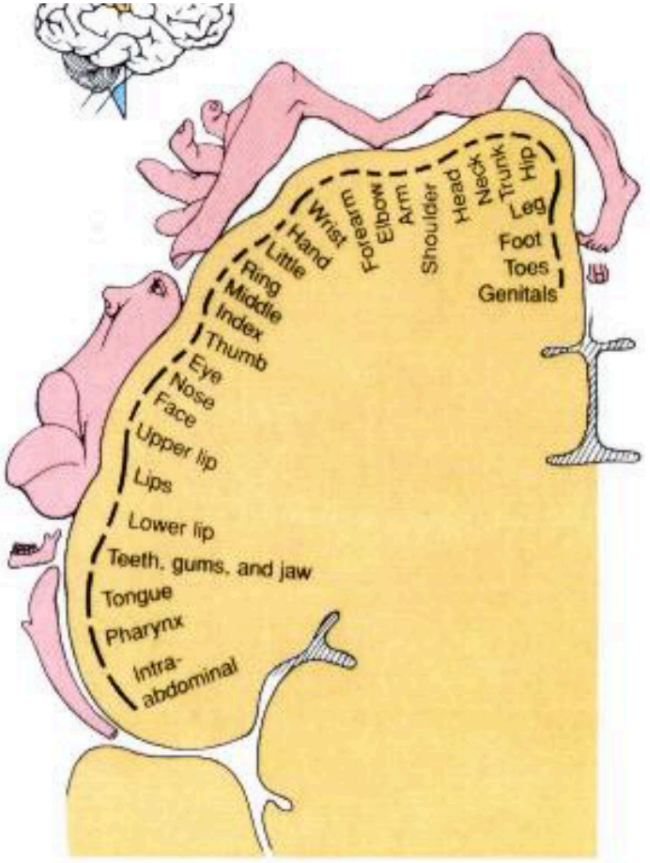
この人に何が起こっている可能性があるか	この人ではどのように表れる可能性があるか？ どのような質問ができるか？
肩／肘の固有受容感覚の低下	物によくぶつかる可能性がある。肘をドア枠にぶつけやすい可能性がある。
運動学習の低下	動作をうまく学習できない可能性がある。書字が苦手、スポーツが苦手、仕事に関連する動作スキルの習得に苦労する可能性がある。
聴覚情報と視覚情報のマルチモーダル統合の低下	周囲の状況を把握し、適切に反応するのが遅いため、転倒が多くなる可能性がある。騒がしく感覚刺激の多い環境でうまく機能しにくい可能性がある。物体を素早く識別するのが苦手な可能性がある。
腕の運動の不良	不器用である可能性がある。つかもうとしている物を取り損ねることがある。コップをテーブルの端を見誤って置き、落としてしまうことがある、など。
小脳—大脳皮質間コミュニケーションの低下	不器用さ、運動学習の低下、楽器・スポーツ・仕事動作の習得困難、動作の震え、巧緻運動コントロールの低下。
頚部筋の疲労	頚部痛・頚部のだるさが出る。頭が身体に対して重すぎるように感じる。頻繁に休息を必要とする。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

HOMUNCULUS



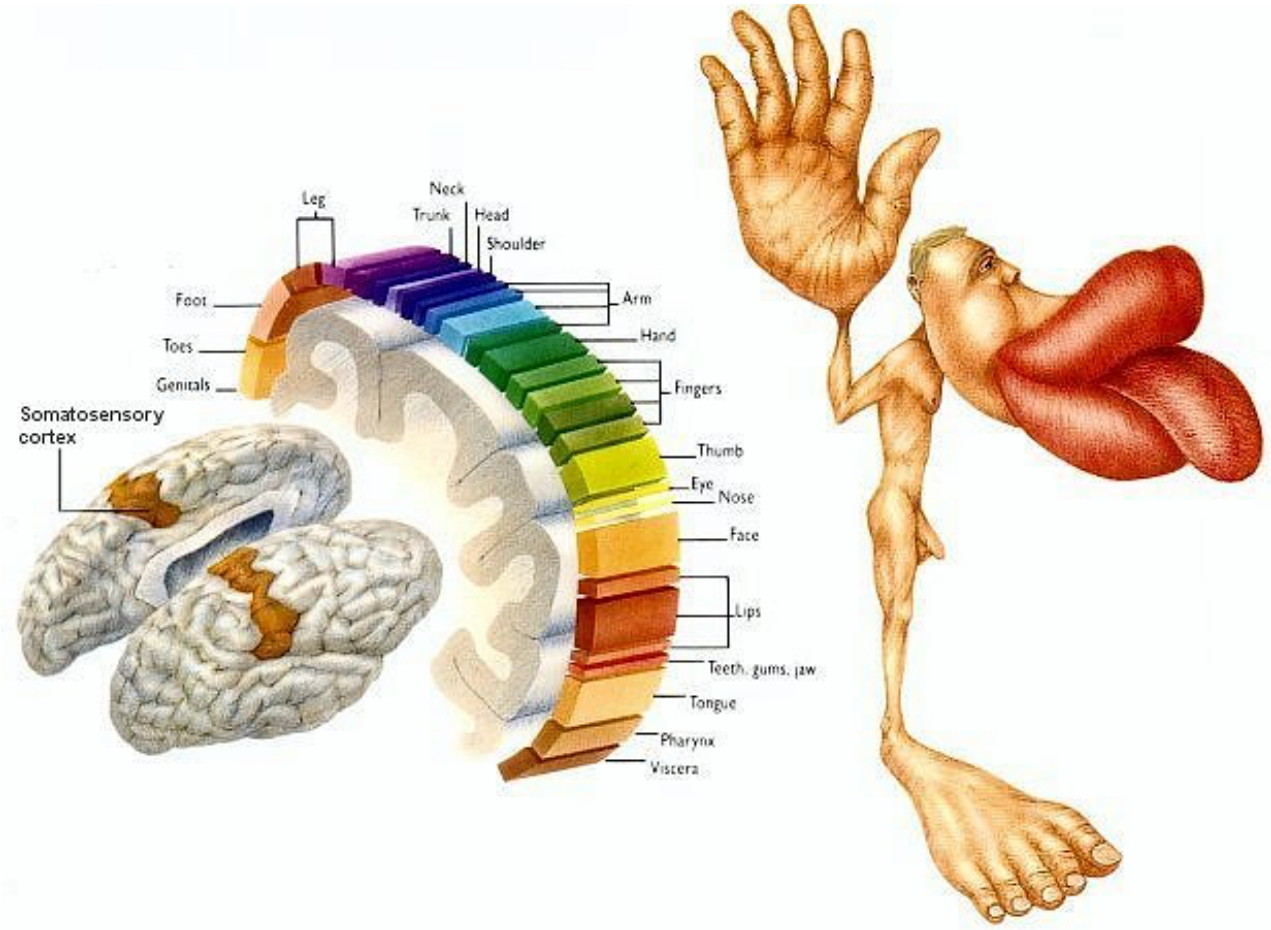
(b) Anterior spinothalamic tracts



(a) Somatosensory cortex in right cerebral hemisphere

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

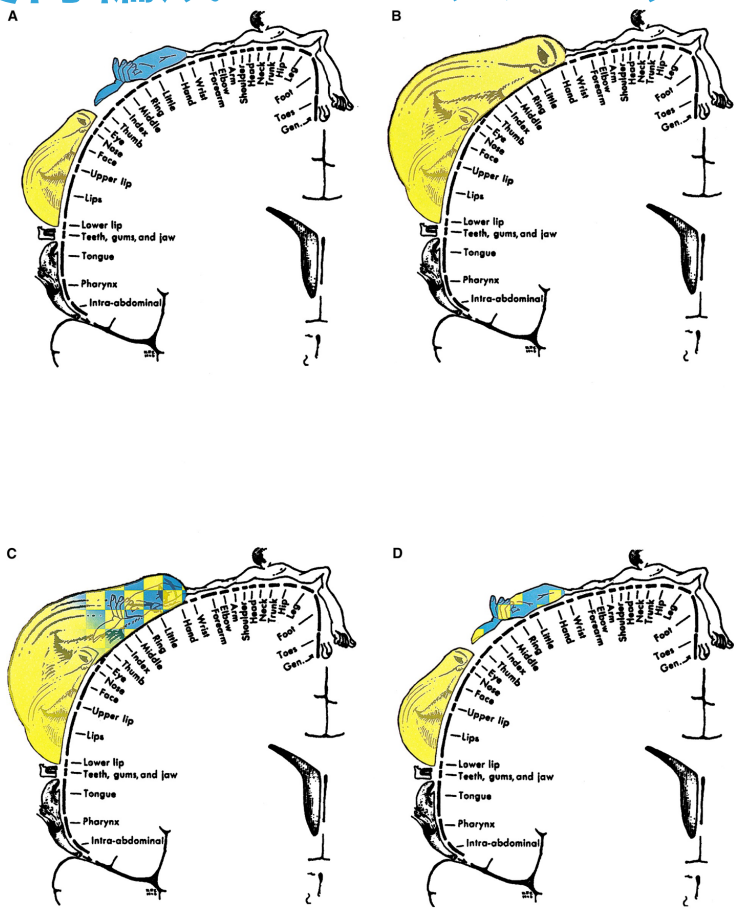
SOMATOSENSORY BODY MAPS



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

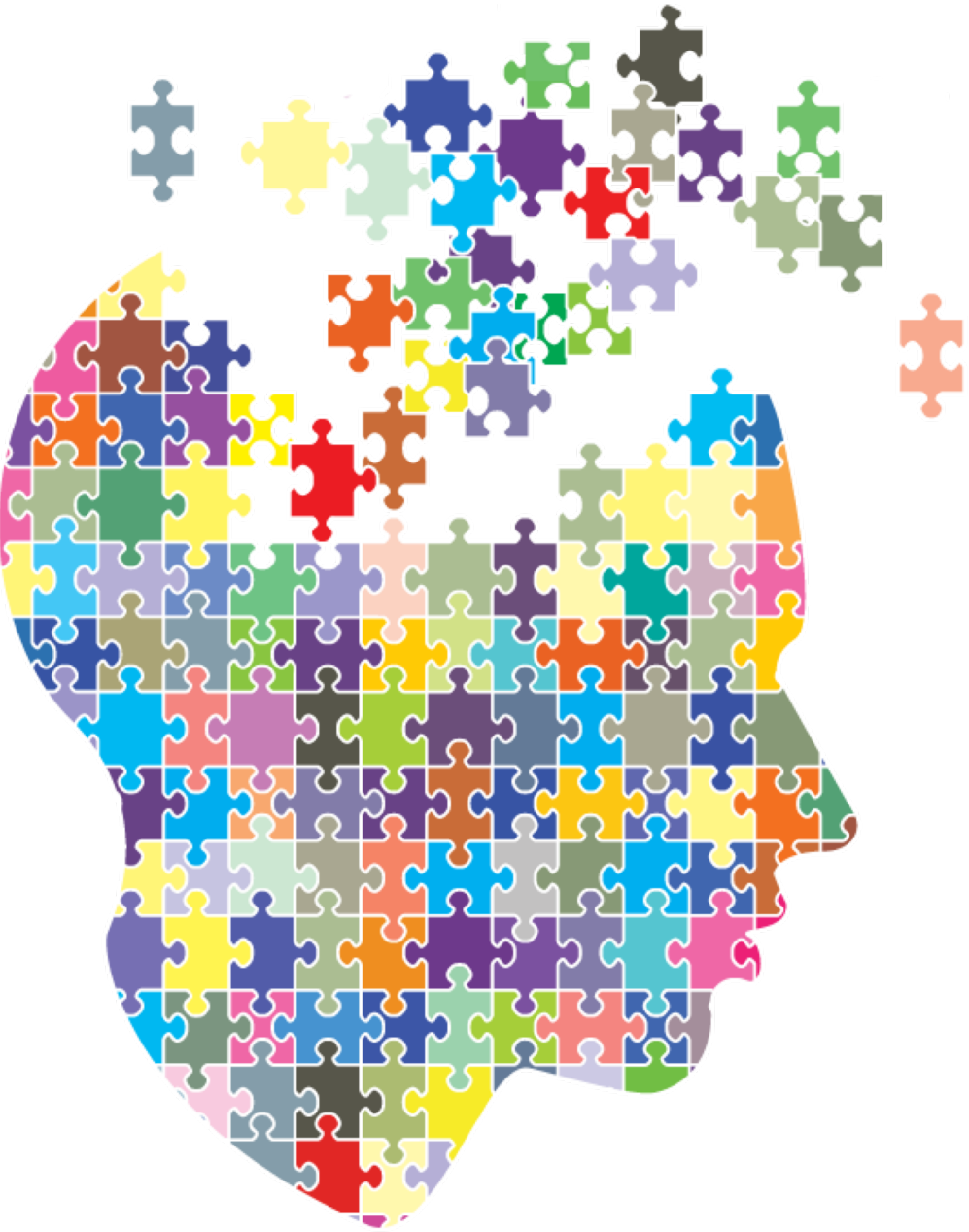
CORTICAL RE-ORGANISATION - SMUDGING　皮質再編成：スマッジング

- Patients with chronic pain have altered sensory perceptions of themselves and their body parts
- They have brain changes in their somatosensory cortex - *smudging*
- 慢性疼痛患者では、自分自身や身体部位に対する感覚知覚が変化している。
- これらの患者では、体性感覚野に脳の変化が生じている。
  これをスマッジング、すなわち身体マップのぼやけ、と表現する。



Spatial Sensory Organization and Body Representation in Pain Perception

Haggard, Patrick et al. Current Biology , Volume 23 , Issue 4 , R164 - R176



SPINE - VESTIBULAR - BRAIN

NEUROPHYSIOLOGY

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Neuroscience Research 104 (2016) 96–104

Contents lists available at ScienceDirect

Neuroscience Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/neures



Review article

Human upright posture control models based on multisensory inputs; in fast and slow dynamics

Ryosuke Chiba[a,*], Kaoru Takakusaki[a], Jun Ota[b], Arito Yozu[c], Nobuhiko Haga[c]

[a] Research Center for Brain Function and Medical Engineering, Asahikawa Medical University, Japan
[b] Research into Artifacts, Center for Engineering (RACE), The University of Tokyo, Japan
[c] Department of Rehabilitation Medicine, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo, Japan

ARTICLE INFO

Article history:
Received 15 September 2015
Received in revised form
29 November 2015
Accepted 1 December 2015
Available online 30 December 2015

Keywords:
Posture control
Multisensory integration
Long-term alteration
Body representation in brain
Balance

ABSTRACT

Posture control to maintain an upright stance is one of the most important and basic requirements in the daily life of humans. The sensory inputs involved in posture control include visual and vestibular inputs, as well as proprioceptive and tactile somatosensory inputs. These multisensory inputs are integrated to represent the body state (body schema); this is then utilized in the brain to generate the motion. Changes in the multisensory inputs result in postural alterations (fast dynamics), as well as long-term alterations in multisensory integration and posture control itself (slow dynamics). In this review, we discuss the fast and slow dynamics, with a focus on multisensory integration including an introduction of our study to investigate "internal force control" with multisensory integration-evoked posture alteration. We found that the study of the slow dynamics is lagging compared to that of fast dynamics, such that our understanding of long-term alterations is insufficient to reveal the underlying mechanisms and to propose suitable models. Additional studies investigating slow dynamics are required to expand our knowledge of this area, which would support the physical training and rehabilitation of elderly and impaired persons.

我々は研究者が感覚インプットの統合を通して体の状態を把握する脳のボディイメージにフォーカスすべきと提案する。**脳のボディイメージと実際の体の如何なる差異もボディコントロールに影響する。** このような差異は加齢やその他の障害から生じる可能性があり、長期変異モデルを活用したリハビリテーションで減少させることができる。これを実現するためには、神経科学、バイオメカニクス、リハビリテーションなどの多分野のアプローチを組み合わせることが要求される。

We suggest that the researchers should focus on the "body representation in the brain" that is utilized to estimate the state of the body via the integration of sensory inputs. **Any difference between this "body representation in brain" and the real body will result in inappropriate body control**. This difference may result from aging or other impairments and can be partly reduced by rehabilitation, using the long-term alteration model. To achieve this, an interdisciplinary approach combining the fields of neuroscience, biomechanics and rehabilitation will be required.

VISUAL SENSORY INPUT

Visual sensory input can be easily modified by

1. opening and closing the eyes,
2. environment moves relative to the eyes

視覚情報インプットは簡単に変更することができる

1. 目を開ける・閉じる
2. 目に対して環境が変化する（動く）





Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

VESTIBULAR SENSORY INPUT 前庭系感覚インプット



- 重力、頭部オリエンテーション、頭部動作などの情報を与える
- 眼球運動、ボディイメージ、ボディコントロールに影響を与える
- 電流刺激を含む様々な刺激によって調整できる
- 前庭系障害患者にみられる

- provides information about gravity, head orientation and head movement
- influences eye movements, body awareness and body control
- can be modulated by various stimulation including galvanic stimulation
- seen in vestibular disorder patients

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

PROPRIOCEPTIVE SENSORY INPUT 固有受容感覚インプット



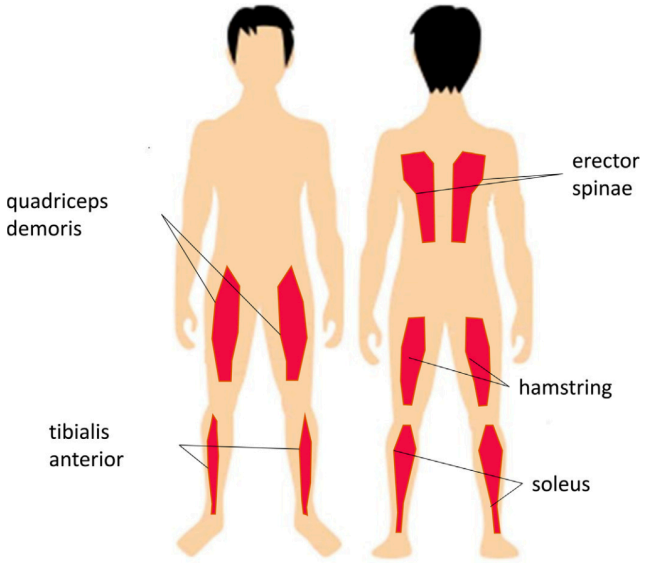
固有受容感覚はスタティックとダイナミックな関節の位置情報を与えてくれる; 姿勢コントロールのためには頸椎と同様に下肢と足関節のオリエンテーションは特に重要

- 筋肉への振動を通して調整されることがある (eg ヒラメ筋や頸部筋肉)

Proprioception gives us information on the static and dynamic components of joint position/orientation; for posture control, information about lower limb and ankle orientation is especially important, as well cervical spine

- can be altered via vibration of muscles (eg soleus and cervical muscles)

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



condition 1 – 正常

condition 2 – 視覚情報なし

condition 3 – 触覚刺激

condition 4 – 視覚情報なし＆触覚刺激

condition 5 – 前庭系阻害

condition 6 – 視覚情報なし＆前庭系阻害

condition 7 – 前庭系阻害＆触覚刺激

condition 1 - normal

condition 2 - visual occlusion

condition 3 - tactile stimulation

condition 4 - visual occlusion and tactile stimulation

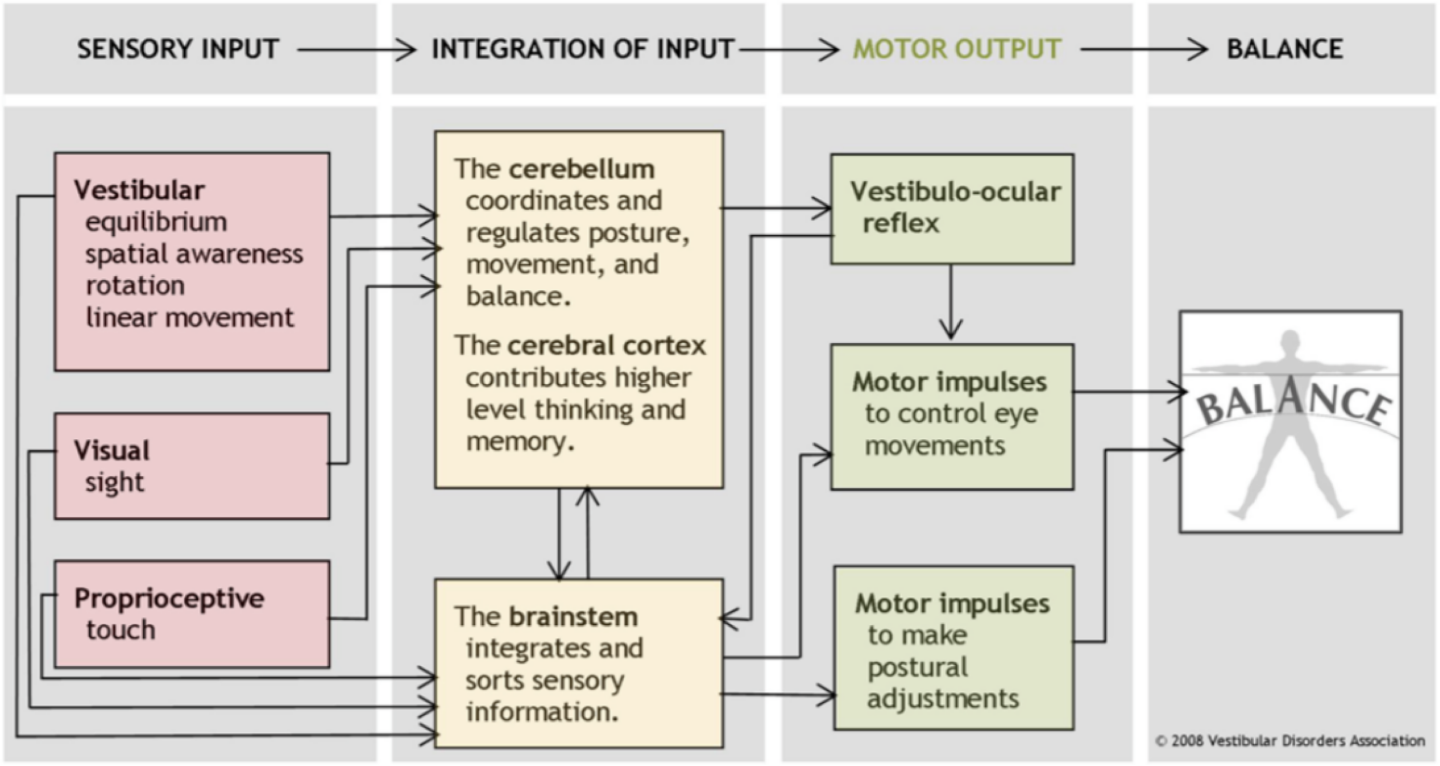
condition 5 - vestibular disturbance

condition 6 - visual occlusion and vestibular disturbance

condition 7 - vestibular disturbance and tactile stimulation

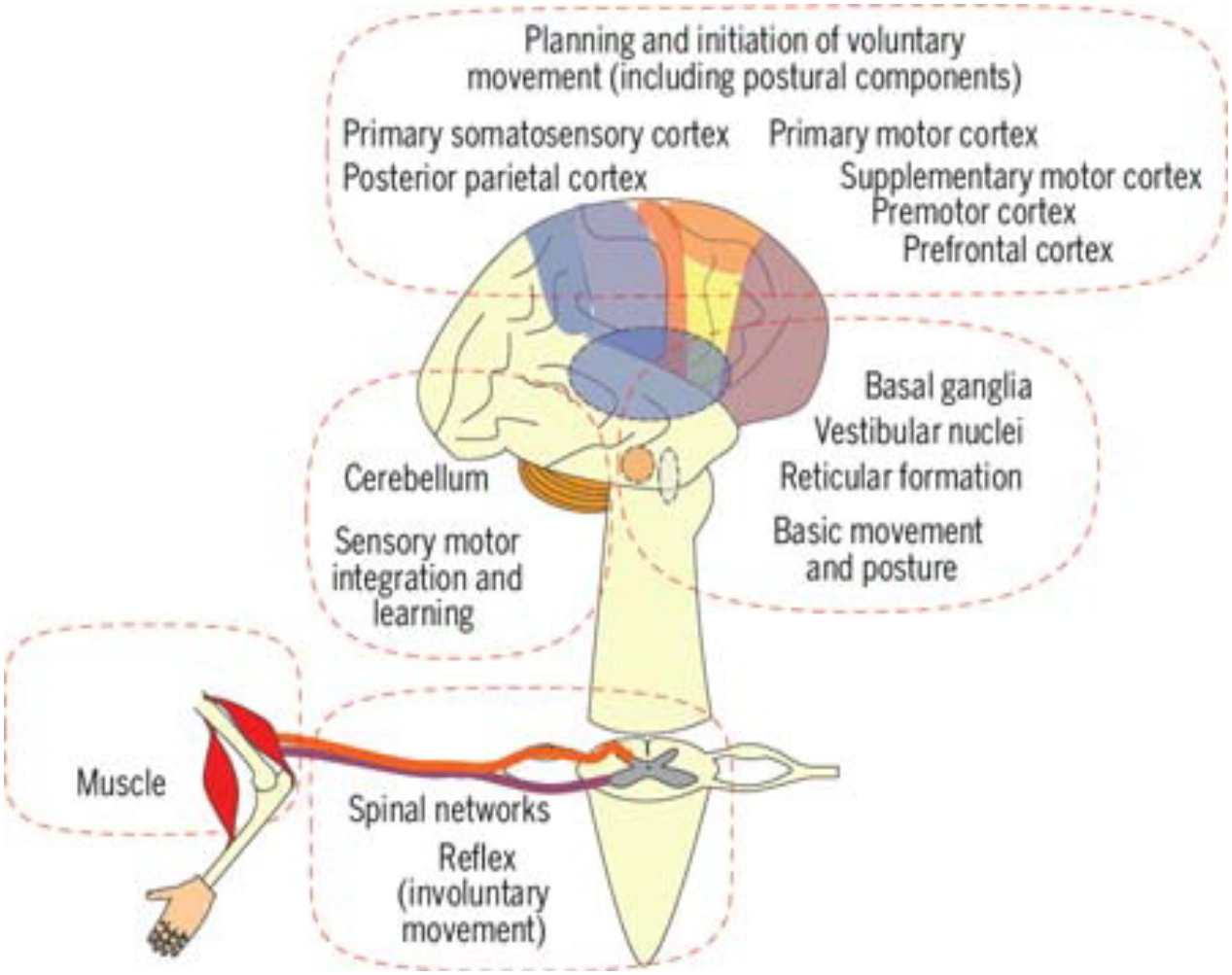
Conditions	1	2	3	4	5	6	7
Soleus (left)	1.00	**1.19**	**1.18**	**1.34**	**1.38**	**1.71**	**1.40**
Soleus (right)	1.00	**1.12**	**1.11**	**1.21**	**1.29**	**1.48**	**1.32**
Tibialis anterior (l)	1.00	**1.26**	**1.40**	**1.33**	**2.29**	**4.51**	**2.47**
Tibialis anterior (r)	1.00	**1.29**	**1.25**	**1.23**	**2.35**	**4.44**	**2.15**
Quadriceps femoris (l)	1.00	**1.16**	**1.21**	**1.20**	**1.64**	**3.61**	**1.91**
Quadriceps femoris (r)	1.00	**0.91**	**0.90**	**1.10**	**1.88**	**2.81**	**1.93**
Hamstring (l)	1.00	**1.44**	**1.64**	**1.68**	**1.44**	**1.75**	**1.62**
Hamstring (r)	1.00	**1.38**	**1.39**	**1.60**	**1.38**	**1.64**	**1.47**
Erector spinae (l)	1.00	**1.03**	**1.04**	**1.05**	**1.12**	**1.16**	**1.14**
Erector spinae (r)	1.00	**1.02**	**1.01**	**1.04**	**1.15**	**1.21**	**1.15**

R. Chiba et al. / Neuroscience Research 104 (2016) 96–104


SENSORY INPUT
INTEGRATION OF INPUT
MOTOR OUTPUT
BALANCE
Vestibular
equilibrium
spatial awareness
rotation
linear movement
Visual
sight
Proprioceptive
touch
The cerebellum coordinates and regulates posture, movement, and balance.
The cerebral cortex contributes higher level thinking and memory.
The brainstem integrates and sorts sensory information.
Vestibulo-ocular reflex
Motor impulses to control eye movements
Motor impulses to make postural adjustments
BALANCE
© 2008 Vestibular Disorders Association


Input
Blackbox
Output
Stimulus
Response

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



多大なる脳部位と脊髄（その先も）が運動アウトプットに関わっており、どのレベルにおいても神経可塑性を可能にしている。

脳、脊髄、末梢神経系が感覚運動コントロールに関わっている。

An enormous diversity of regions of the brain and spinal cord (and beyond) is involved in the generation of motor output, with neuroplasticity possible at any level.

Areas of the brain, spinal cord, and peripheral nervous system involved in sensorimotor control.

Brumagne S, Diers M, Danneels L, Moseley L, and Hodges P. Neuroplasticity of Sensorimotor Control in Low Back Pain. J Orthop Sports Phys Ther 2019;49(6):402–414.

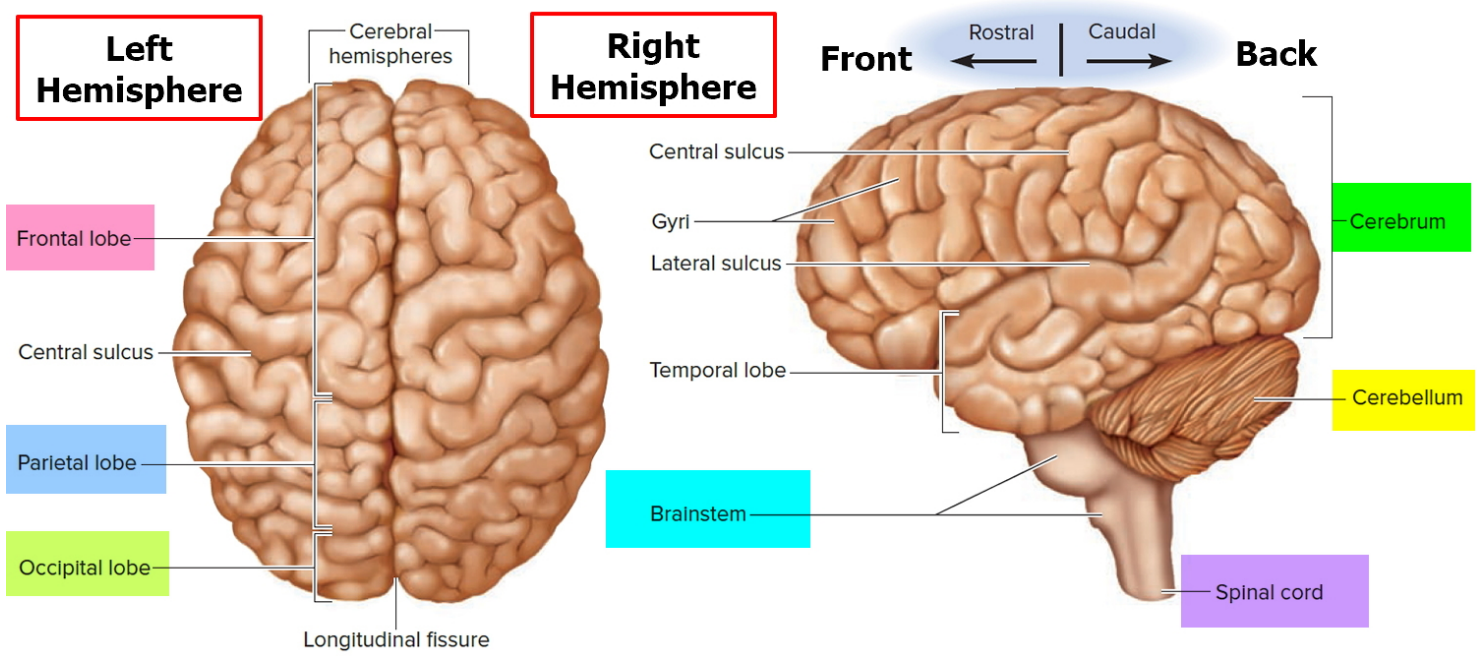
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LETS BRIEFLY LOOK AT THE PLAYERS IN THE ‘BLACKBOX’ FOR SPINAL MOVEMENT AND CONTROL

脊髄運動と制御に関わる部位を簡単に見てみよう

- 前頭葉
- 頭頂葉
- 大脳基底核
- 脳幹
- 小脳

- Frontal
- Parietal
- Basal ganglia
- Brainstem
- Cerebellum



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

前庭-神経-リハビリテーション

姿勢制御メカニズムの2つの側面

1.重力に対して立位の姿勢を保つ

自動的な姿勢制御のプロセス-私達は、姿勢を保つ筋肉のトーンの自動的調整、立位直立の保持、姿勢反射、目的行動に対する姿勢の反応に大抵気付いていない。

2.空間での身体の動きやオリエンテーションを認識する

姿勢制御の認知プロセスはこの様に定義される；体外空間における物の空間的な局在確認と共に自己の身体の情報が必要とされる。それにより、予め目的指向的動作を行えるよう適切に姿勢を調整することが出来る。

ADVANCED ROBOTICS, 2017
VOL. 31, NOS. 1–2, 2–23
http://dx.doi.org/10.1080/01691864.2016.1252690

SURVEY PAPER

Neural substrates involved in the control of posture

Kaoru Takakusaki, Mirai Takahashi, Kazuhiro Obara and Ryosuke Chiba

The Research Center for Brain Function and Medical Engineering, Asahikawa Medical University, Asahikawa, Japan

ABSTRACT

This review argues neuronal mechanisms of postural control. Multi-sensory information such as somatosensory, visual, and vestibular sensation act on various areas of the brain so that adaptable postural control can be achieved. Automatic process of postural control, which is termed as postural reflexes including head–eye coordination accompanied by appropriate alignment of body segments, is mediated by the descending pathways from the brainstem. Cooperation of the vestibulospinal, reticulospinal, and tectospinal tracts contributes to this process. On the other hand, walking in unfamiliar circumstance requires cognitive process of postural control, which depends on knowledge of self-body, such as body schema, sense of postural verticality, and body motion in space. Such a bodily cognitive information is produced at the temporoparietal cortex. They are fundamental to sustention of vertical posture and construction of motor programs. The programs then run to execute anticipatory postural adjustment which is appropriate for achievement of goal-directed movements. The basal ganglia and cerebellum may affect both the automatic and cognitive processes of postural control through reciprocal connections with the brainstem and cerebral cortex, respectively. Consequently, impairments in cognitive function in addition to damages in the motor cortex, basal ganglia, and cerebellum may disturb appropriate postural control, resulting in falling.

2 aspects of postural control mechanisms:

1. to build upright body posture against the forces of gravity,

- Automatic process of postural control - we're largely unaware the automatic adjustment of postural muscle tone, maintenance of upright standing, and the postural reflexes or postural reactions that accompany purposeful action

2. to obtain the knowledge of the orientation and motion of the body in space.

- defined as the cognitive process of postural control, which requires self-body information together with spatial localization of object in extra-personal space so that one can appropriately adjust one's posture in advance to achieve goal-directed movements.

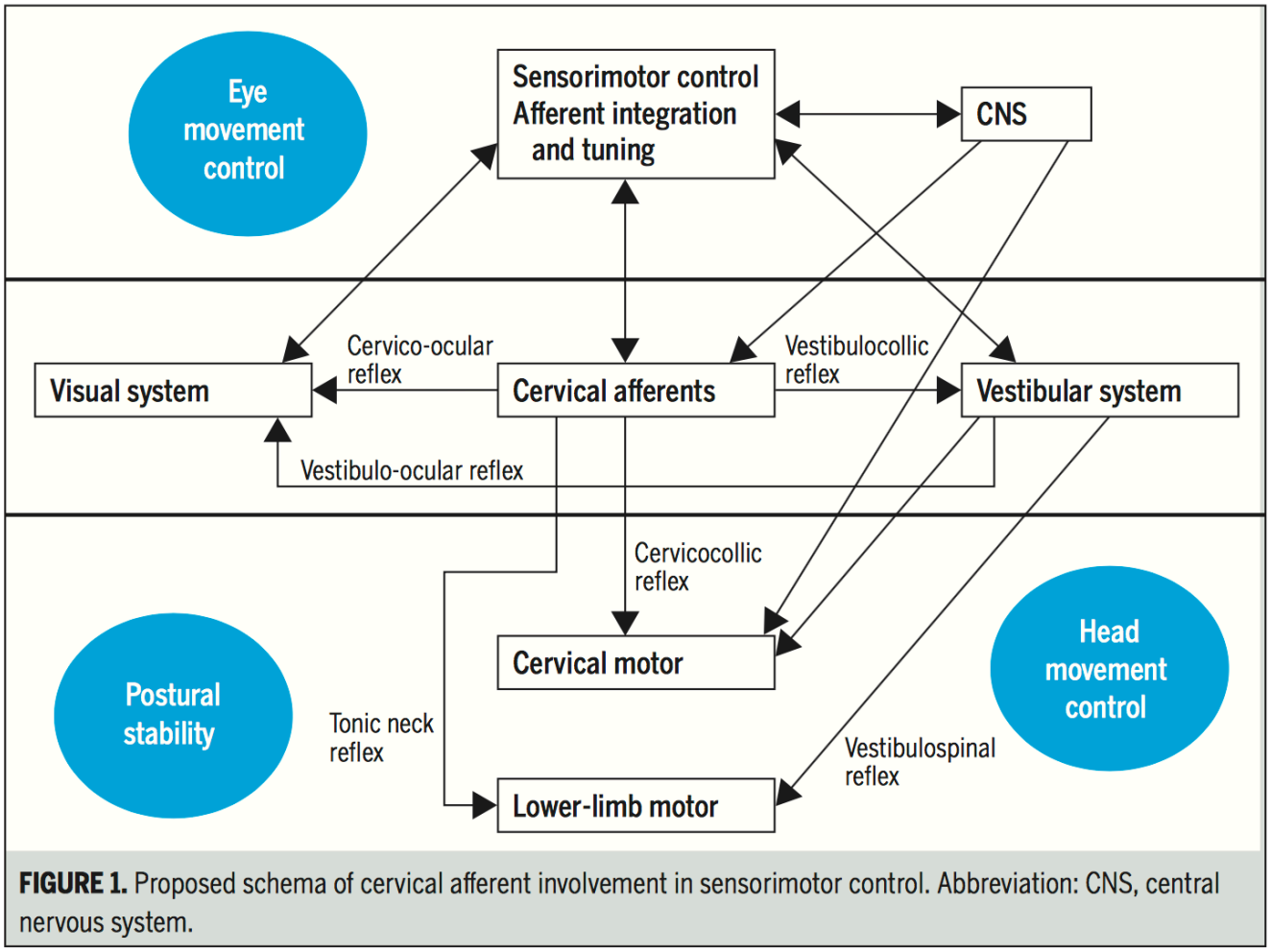


FIGURE 1. Proposed schema of cervical afferent involvement in sensorimotor control. Abbreviation: CNS, central nervous system.

ehabilitation

VSR 前庭脊髄反射

- 空間における体を安定させる
- Stabilises body in space

VCR 前庭頸反射

- 空間における頭部を安定させる
- Stabilises head in space (gravity)

VOR 前庭動眼反射

頭部動作時の眼球を安定させる

Stabilises eyes during head movement

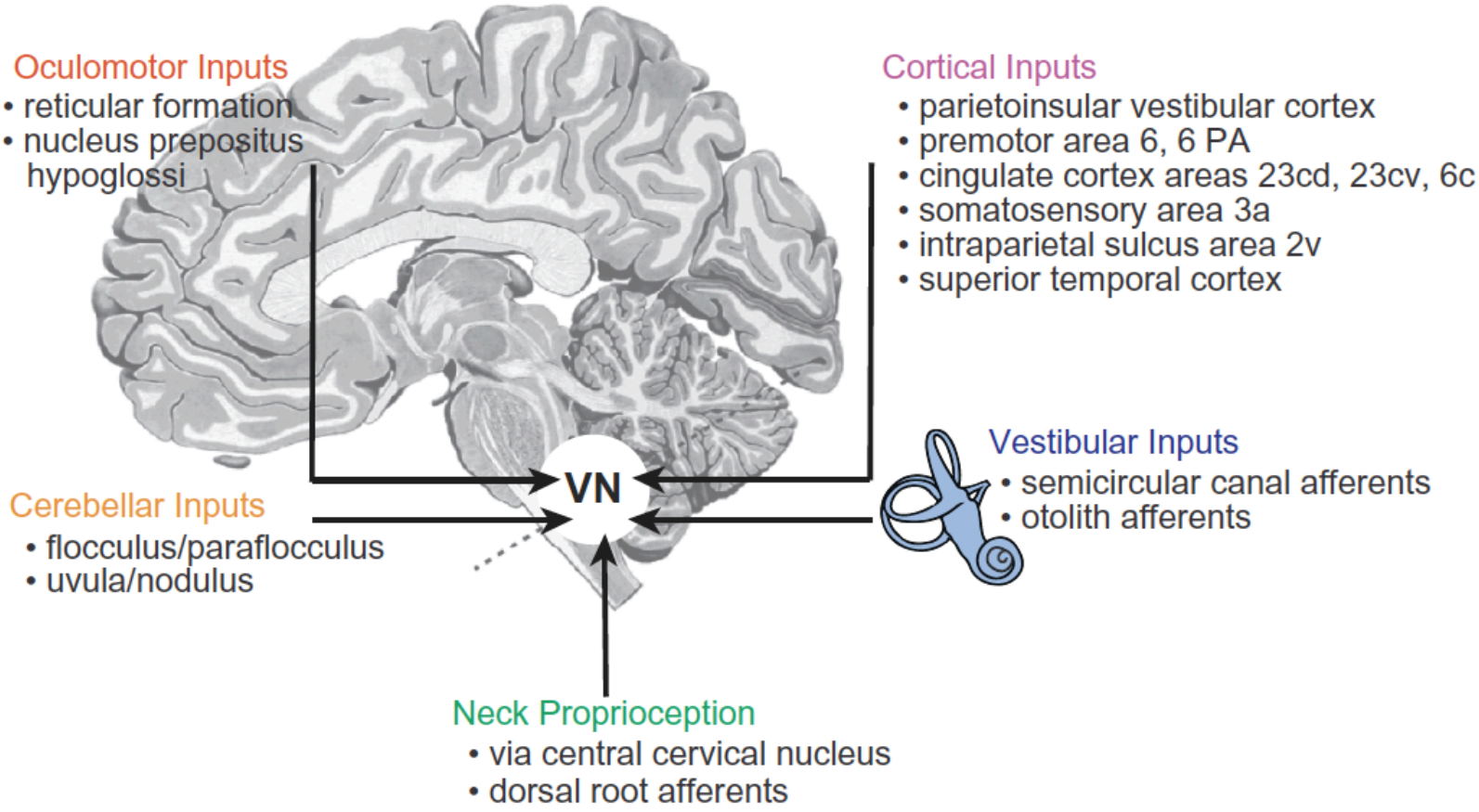
CCR 頸筋反射

- 胴体部に対する頭部を安定させる
- Stabilises head relative to trunk (reticulospinal)

Treleaven J. Dizziness, Unsteadiness, Visual Disturbances, and Sensorimotor Control in Traumatic Neck Pain. J Orthop Sports Phys Ther 2017;47(7):492-502

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MULTIMODAL INTEGRATION WITHIN VESTIBULAR PATHWAYS



Cullen, KE. Physiology of Central Pathways. Handbook of Clinical Neurology, Vol. 137, 2017

前庭核は第VIII脳神経からの求心性インプットに加えて、複数の脳部位からインプットを受け取る

The vestibular nuclei (VN) receive inputs from multiple brain areas, in addition to direct projections from the vestibular afferents of the VIIIth nerve.

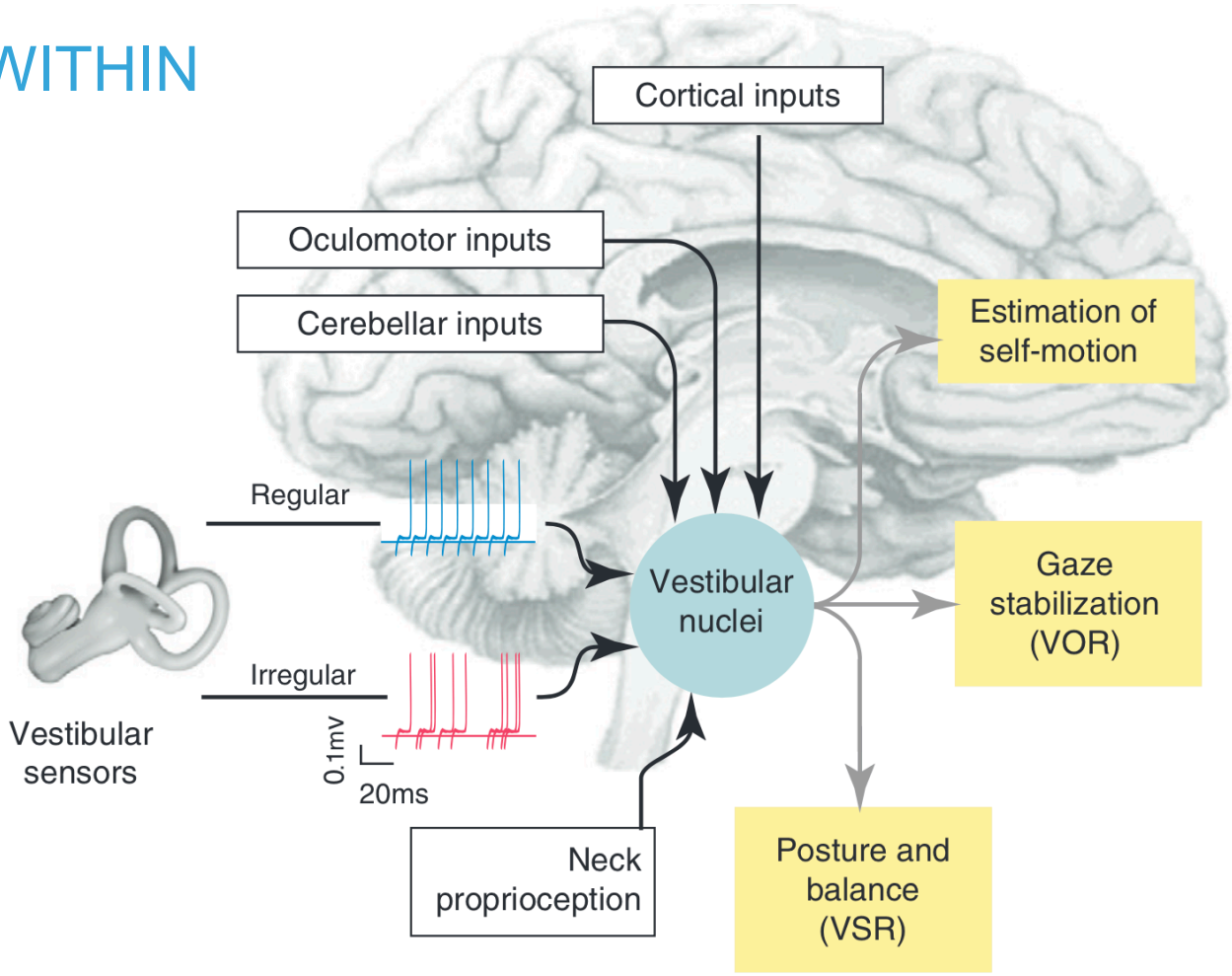
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MULTIMODAL INTEGRATION WITHIN VESTIBULAR PATHWAYS

前庭系インプットは自己運動インプットの唯一のソースではない

体性感覚、固有受容感覚、視覚インプットも運動関連シグナルで、自己運動の情報を与えている

Vestibular inputs are not the only source of self-motion inputs.
Somatosensory, proprioceptive, and visual inputs as well as motor-related signals also provide self-motion cues as an organism interacts with its environment.



Cullen KE. The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends in Neurosciences.* March 2012, Vol. 35, No. 3

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

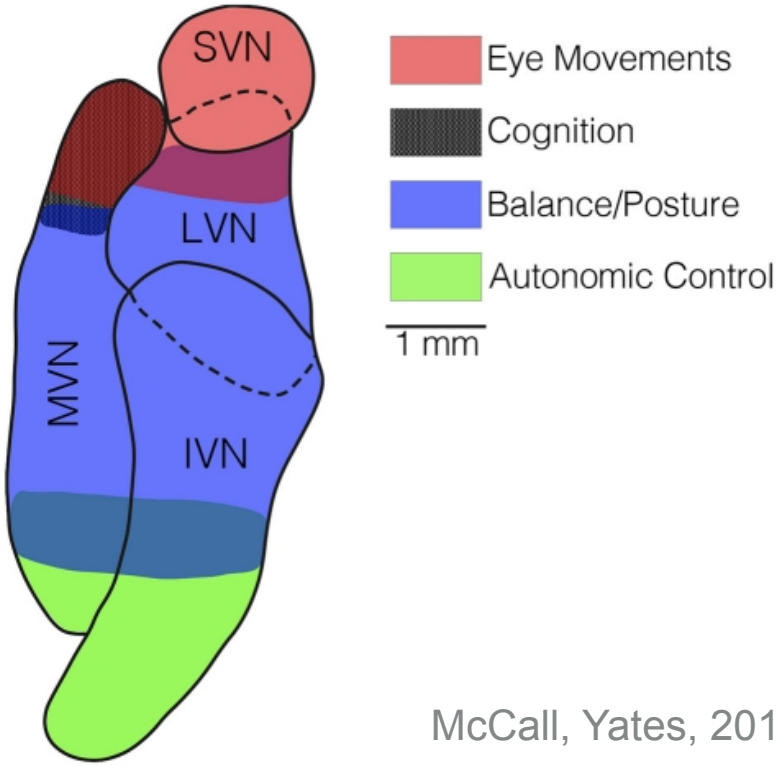
MULTIMODAL INTEGRATION WITHIN THE VESTIBULAR NUCLEI

- 筋骨格系セラピー(固有受容感覚ベース)
- 眼球運動セラピー (OPK, パスート、固視)
- 認知セラピー
- メンタルケア・心理セラピー
- 栄養

全てが前庭系に影響する（末梢系の全てに影響するわけではない）

- MSK therapy (proprioception based)
- oculomotor therapy (OPK, pursuits and fixation)
- cognitive therapy
- emotional/psychological
- nutritional

All will have an influence on the vestibular system (not necessarily the peripheral system)

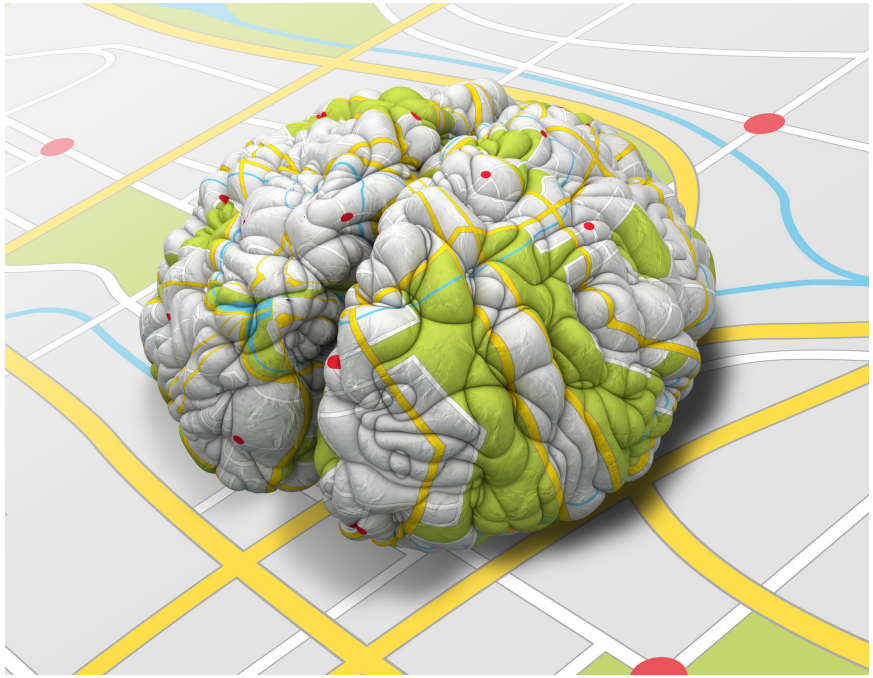


McCall, Yates, 2011

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

BODY MAPS - REFERENCE FRAMES

- 外部環境に対してどこにいる？
- 人間の生存と成長の根源
- もしどこにいるか（どこに行きたいか）がわからないことは問題であり、社会的に交流、生存ができない
- **脳は体がどこにあるのかわからないと、体をコントロールできない！**

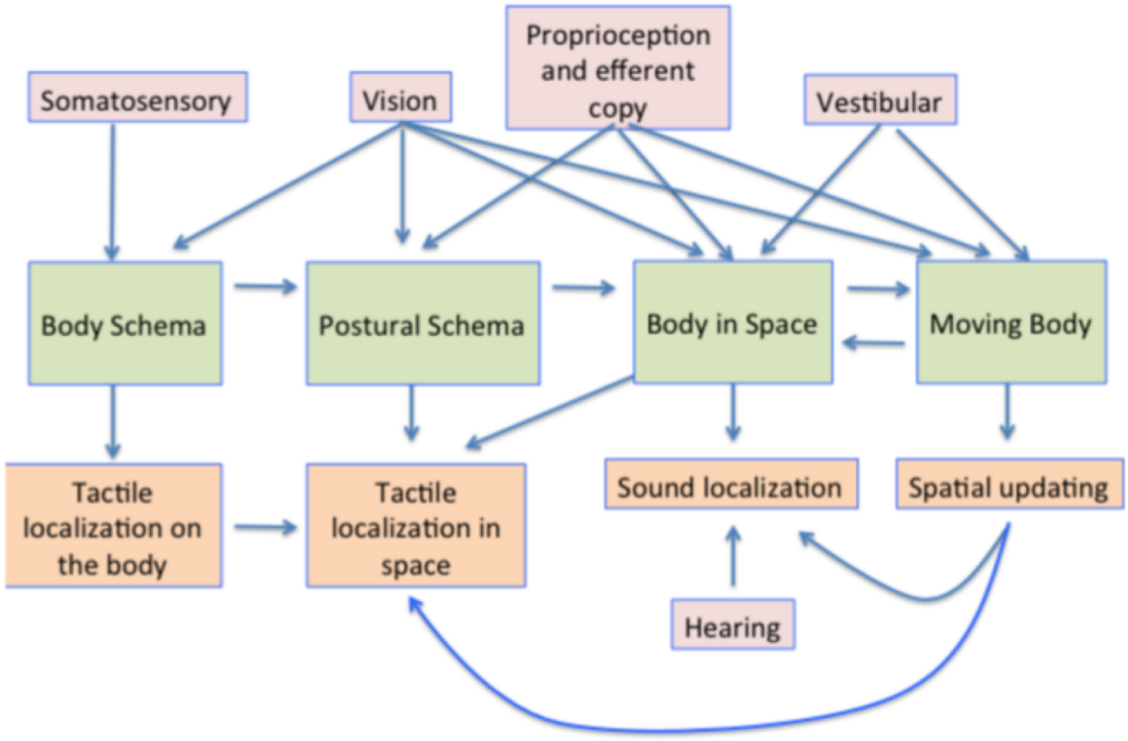


- where are we relative to the environment?
- where is the environment relative to us?
- fundamental to humans to survive and thrive
- if you don't know there you are (or wanting to go) - you're in trouble - unable to interact (social), thrive and survive

the brain can't control the body if it doesn't know where it is!!!!!

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

INNER AND EXTERNAL MAPS



脳は外部環境を解析し、マップを作り出し、我々に知覚を与えている

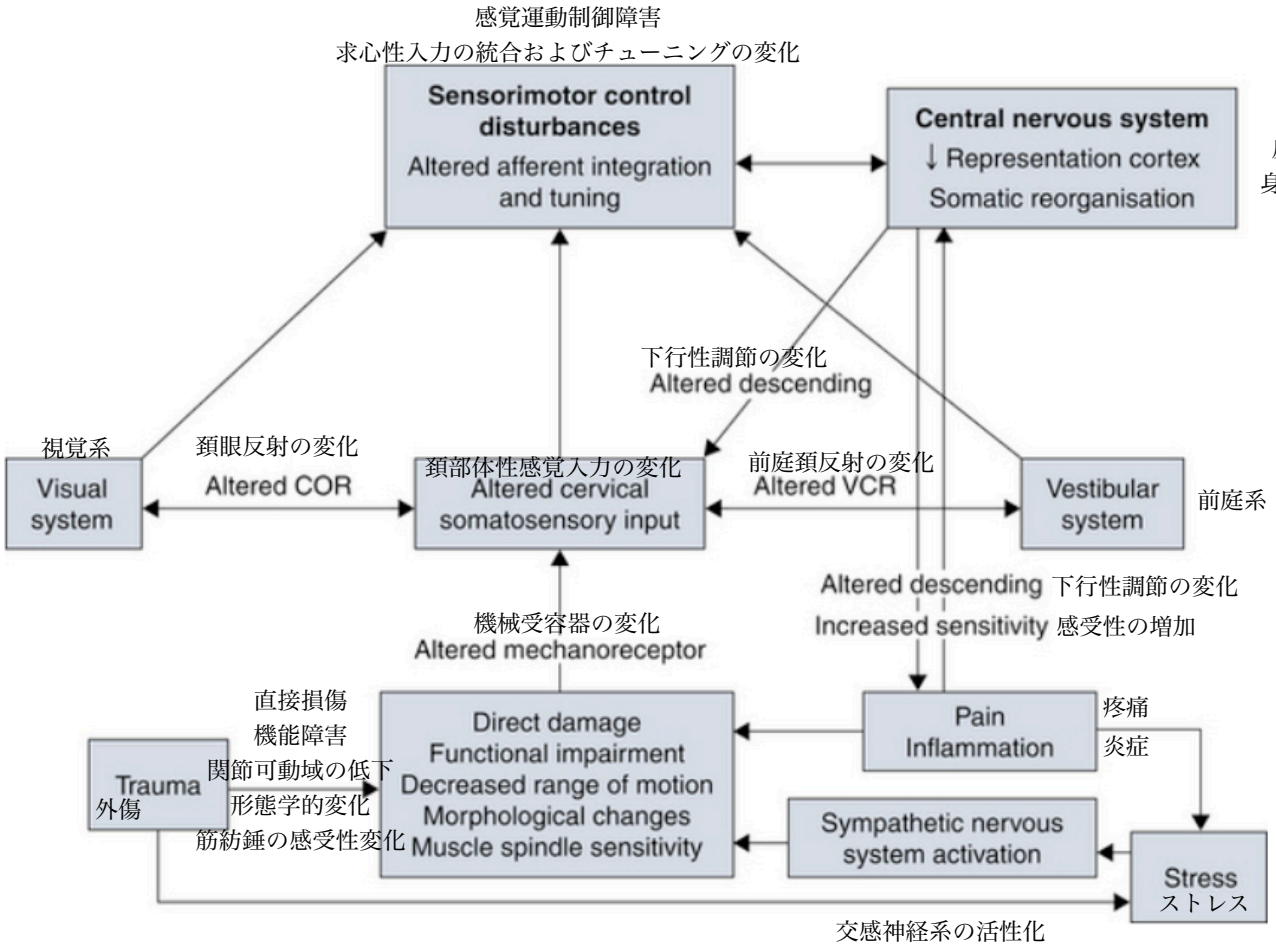
- 間違っているかもしれない！
- 脳機能の95% は潜在意識

Brain interprets the environment and creates maps, giving us a perception
- It can be wrong!
- 95% of brain function is subconscious

FIGURE 8 | A summary model of the multisensory contributions to the multiple representations of the body in the brain and how they influence aspects of perception. The pink boxes show the sensory contributions to the representations shown in the green boxes. These representations are then involved in multiple aspects of sensory processing, some examples of which are shown in the orange boxes below.

Harris at al 2015

ALTERED SENSORIMOTOR INTEGRATION



ELSEVIER
Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
Manual Therapy 13 (2008) 2–11
MANUAL THERAPY
www.elsevier.com/locate/math

Masterclass

Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control

Julia Treleaven*

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

VESTIBULAR MAPS 前庭系マップ

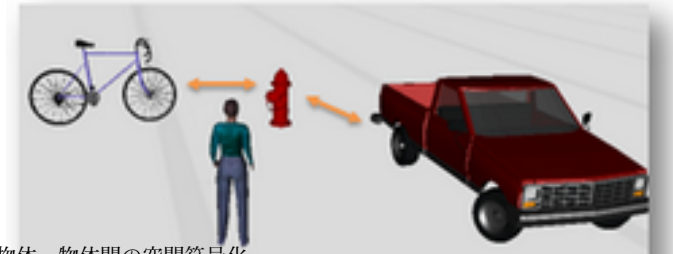
空間符号化システム

Spatial Coding Systems

Allocentric (object-to-object)

アロセントリック

Encodes information about the location of one object or its parts with respect to other objects. The location of one object is defined relative to the location of other objects.



物体—物体間の空間符号化
ある物体、またはその一部の位置を、他の物体との関係に基づいて符号化する。ある物体の位置は、他の物体の位置を基準として定義される。

Egocentric (self-to-object)

エゴセントリック

Represents the location of objects in space relative to the body axes of the self (left-right, front-back, up-down).



自己—物体間の空間符号化
空間内にある物体の位置を、自己の身体軸を基準として表現する。左右、前後、上下など。

- 前庭系は自己に対する対象（頭、体、眼球から捉える）と外部対象、外部環境を基準として捉える位置情報を取得することから感覚系の中でもユニークである

- The vestibular system is unique among sensory systems because it can provide an egocentric (head, body or eye-centered) as well as an allocentric or world reference frame.

http://www.nmr.mgh.harvard.edu/mkozhevnlab/?page_id=308

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORY MISMATCH

感覚ミスマッチ= 視覚、前庭系、固有受容感覚系からの情報に矛盾が生じ、内なるGPSにエラーが出ている状態。患者が感じていることと現実に起きている事との間で違いが生じると、以下のような症状につながる可能性がある

-めまい *(ふらつき、揺れ、フワフワ、などなど)*

-離断

-身体的、感情的、社会的にロストした感覚

-地に足がつかない感覚

- 頭のふらつき・疲労

- 過覚醒、過敏、不安、恐怖

Sensory mismatch = conflict of information coming in from visual, vestibular and proprioceptive receptors "*giving an '**error code**' to the internal GPS"*

*Which then causes a **difference between what the patient perceives and reality,** contributing to the symptoms, including*

- dizziness (dis-orientation, light headed, floating, swaying, rocking etc)

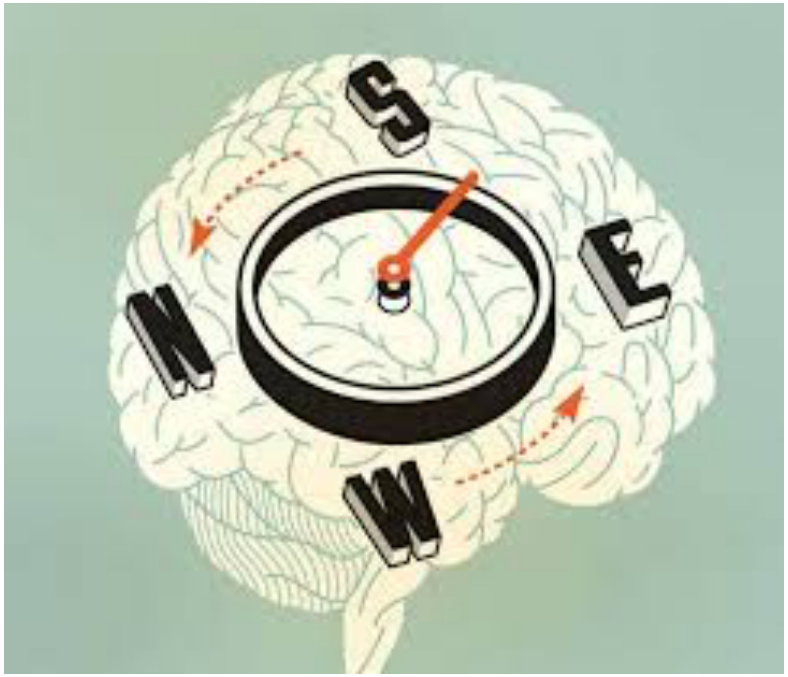
- disconnection

- 'sense of being lost '(physically, emotionally, socially)

- not grounded

- fuzzy head and fatigue

- hypervigilent, fear and anxiety



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CAN SENSORY MISMATCH CAUSE MSK CONDITIONS?
感覚ミスマッチは筋骨格系の問題を引き起こす？

- 関節の怪我の反復
- 不安定と可動不全 (サブラクセーション)
- 慢性痛
- 反復性の筋損傷

もし自身(の脳)が自分の体がどこにあるかわからない(外部環境に対しての自身の身体の位置)、向かっている方向や、意図した動作に対するフィードバックがわからないと、タスクを効率的に、効果的に、安全に行うことなどできるでしょうか？



- recurrent joint injuries
- instability and fixations (subluxations)
- persistent/chronic pain
- repetitive strain injuries

If you (your brain) doesn't know where your body is (with respect to the world, and where the world is relative to it), the direction it's going and feedback on its intended action, then how can you perform a task efficiently, effectively and safely??

SENSORY TESTING

ASSESSMENT AND TREATMENT
評価と介入

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORY TESTING

1. sensory precision
2. 2pt discrimination
3. sensory discrimination

1. 感覚の精度
2. 2点識別
3. 感覚識別



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORY TACTILITY – IMPORTANT FOR SPINAL CONTROL?

触覚の正確性がないと

- 体から脳への求心性インプット・フィードバックが乏しい
- 地面や対象に対する自分の体の感覚に乏しい
- 体のイメージが乏しい
- 運動アウトプットのエラーが生じやすい
- パフォーマンスの低下により怪我をしやすい

Without precision in touch

- Poor afferentation/feedback from body to brain
- Poor awareness of our body relative to the floor or an object
- Poor representation
- Greater chance of errors in motor output (based on poor input)
- Greater chance of injury an poor performance



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORY PRECISION 感覚の精度

Can the patient detect? (in order of difficulty)

1. Localization
   - Can they localize touch?
2. Discrimination
   - Can they determine sharp/blunt
3. Graphesthesia
   - Can they discern letters, numbers, words on the back?

患者は検出できるか？難易度の順

1. 位置特定 触れられた場所を特定できるか？
2. 識別 鋭い刺激か、鈍い刺激かを判別できるか？
3. 書字覚 背中に書かれた文字、数字、単語を識別できるか？



Louw A et al (2015) Immediate effects of sensory discrimination for chronic low back pain: a case series. New Zealand Journal of Physiotherapy 43(2): 58-63.

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORY PRECISION

患者は検出できる? (簡単な順)

1. **場所特定**
   - 触られている場所がわかる？
2. **区別**

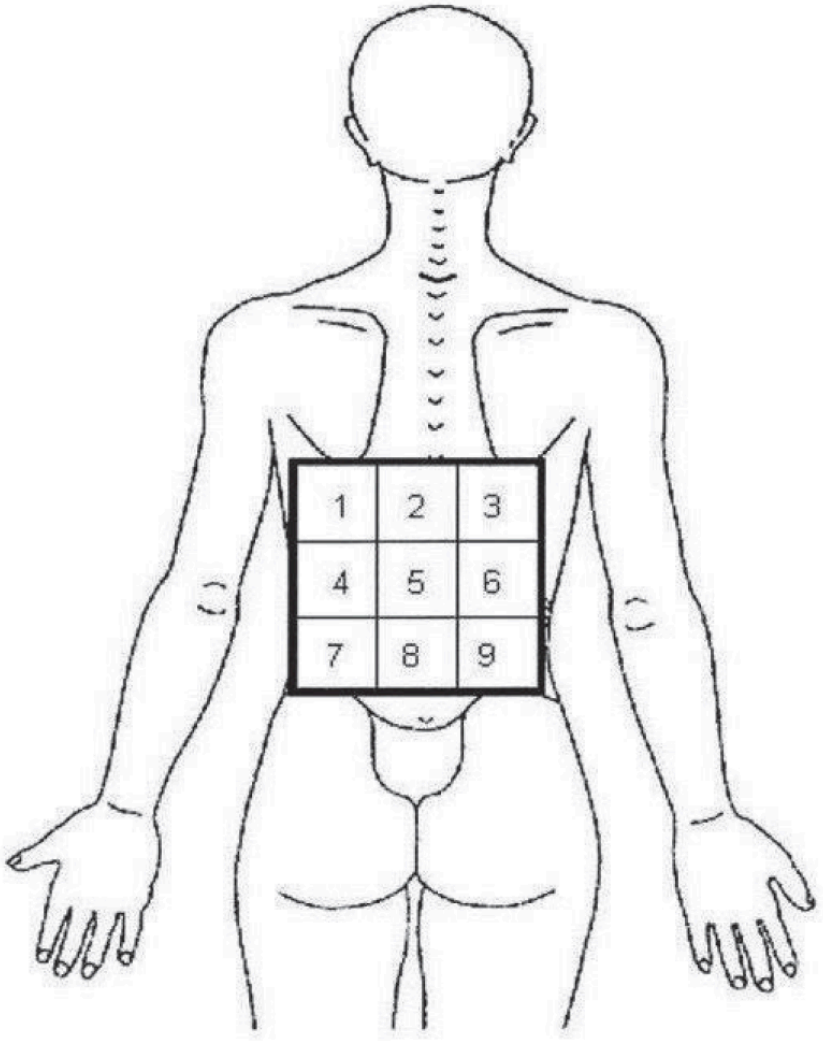
   鋭いか鈍いか区別できる？
3. **筆跡感覚**
   - 背中に書かれた文字、数字、単語を識別できる?

Can the patient detect? (in order of difficulty)

1. **Localization**
   - Can they localize touch?
2. **Discrimination**
   - Can they determine sharp/blunt
3. **Graphesthesia**
   - Can they discern letters, numbers, words on the back?

Louw A et al (2015) ***Immediate effects of sensory discrimination for chronic low back pain: a case series.*** *New Zealand Journal of Physiotherapy 43(2): 58-63.*

Figure 1: Localisation treatment grid



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORY PRECISION - PROCEDURE

Patient is comfortably seated or prone, allowing access to lower back

The 9-block grid image was given to the subject

The practitioner stimulated the 9-blocks asking for continuous verbal feedback as to the location of the stimulus

1. Localisation
2. Discrimination (sharp/dull)
3. Graphesthesia (words, letters, objects)

With a correct identification of the area, proceed to the next block of identification.

患者は、腰部にアクセスできるように、快適な座位または腹臥位をとる。対象者に9ブロックのグリッド画像を提示する。臨床家は9つのブロックを刺激し、刺激部位について継続的に口頭でフィードバックしてもらう。

1. 位置特定

2. 識別、すなわち鋭い刺激／鈍い刺激

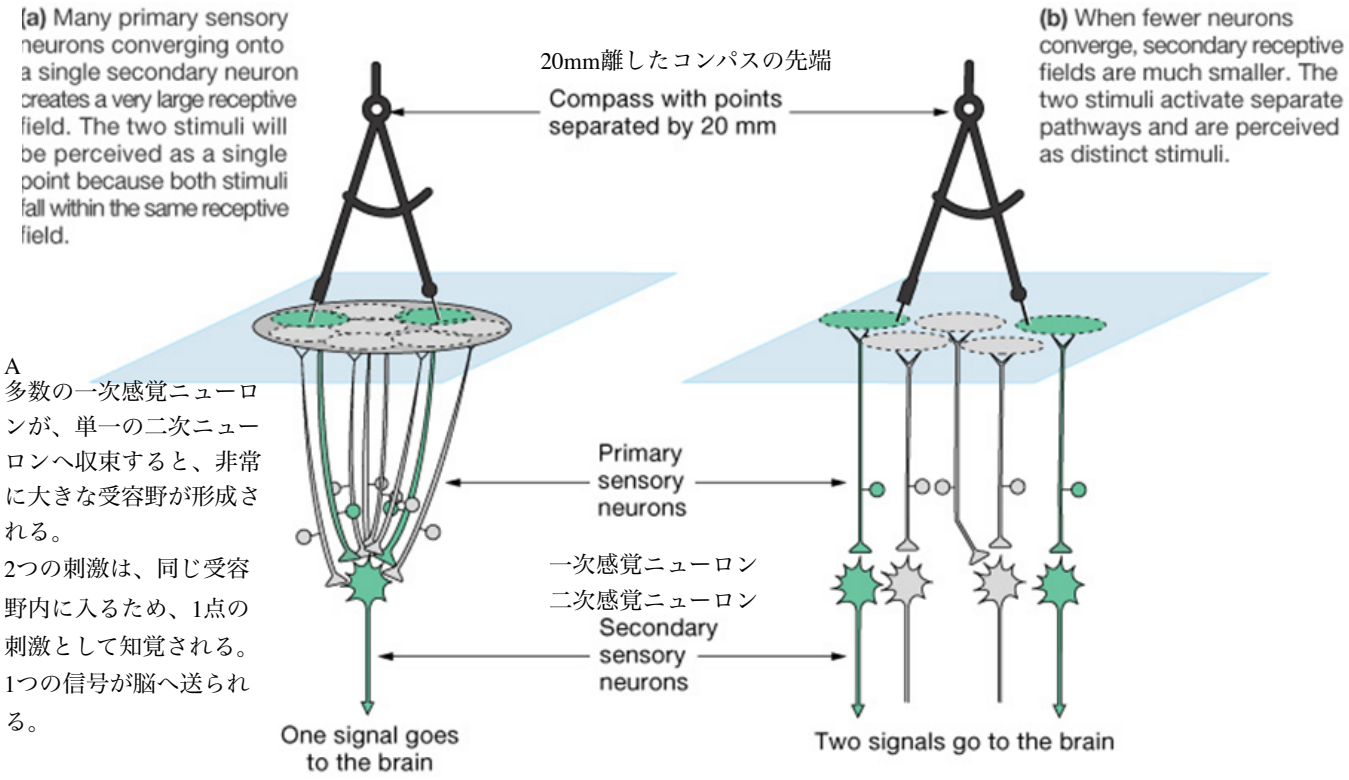
3. 書字覚、すなわち単語、文字、物体

刺激部位を正しく特定できたら、次のブロックの識別へ進む。

Louw A, et al(2015)

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

2 POINT DISCRIMINATION 2点識別



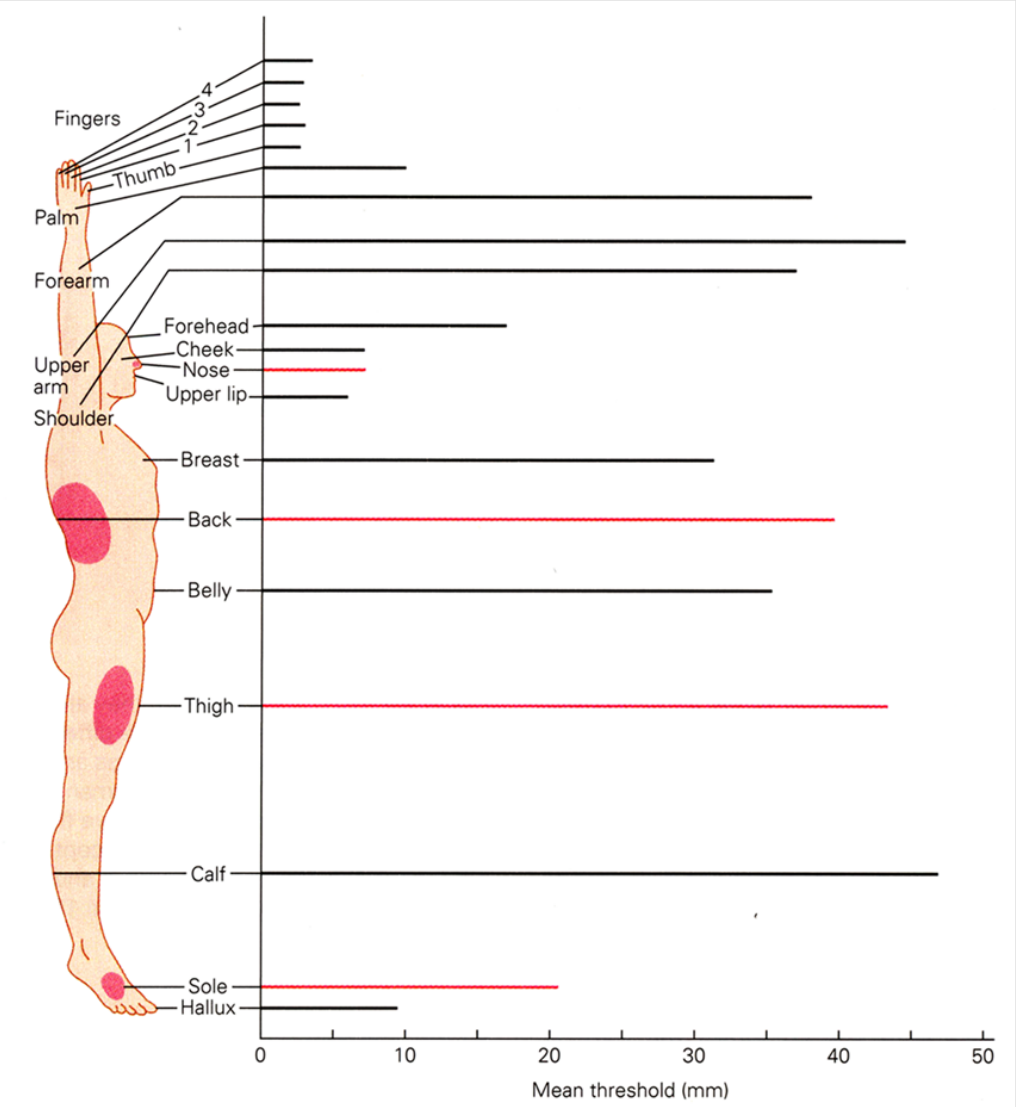
A
多数の一次感覚ニューロンが、単一の二次ニューロンへ収束すると、非常に大きな受容野が形成される。
2つの刺激は、同じ受容野内に入るため、1点の刺激として知覚される。
1つの信号が脳へ送られる。

B
収束するニューロンが少ない場合、二次ニューロンの受容野はより小さくなる。
2つの刺激は別々の経路を活性化し、異なる刺激として知覚される。
2つの信号が脳へ送られる。

- 脳が肌の上で2点と識別できる最小の距離
- It's the minimum distance at which the brain can distinguish between 2 distinct points on the skin

Kandel and Schwartz

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



体性感覚野におけるエリアが大きければ大きいほど、２点識別の距離は小さくなる

The **greater the representation in the somatosensory cortex**, the smaller the receptive field and hence the **smaller the 2-pt discrimination**

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

2 PT DISCRIMINATION - PROCEDURE

- Patients eyes are closed
- Touch patient with 1 or 2 points and ask if they can feel 1 or 2 points
- Apply lightly
- repeat
- 患者は目を閉じる。
- 1点または2点で患者に触れ、1点として感じるか、2点として感じるかを尋ねる。
- 軽く刺激を加える。
- 繰り返す。

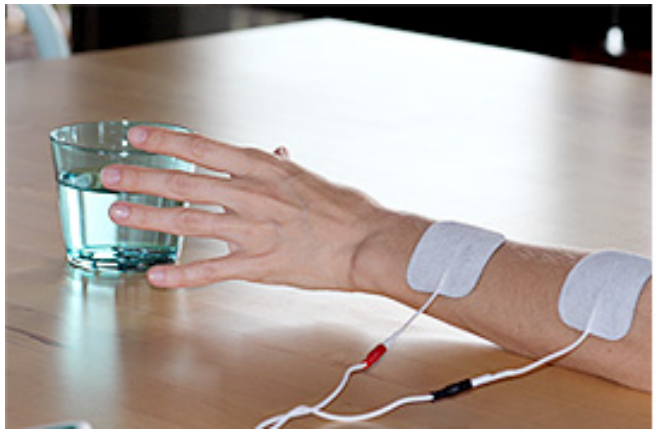


Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORY RETRAINING

The aim of the sensory retraining section was to restore discriminate sensory acuity of the lower back and, potentially, to restore normal cortical processing in the sensory cortex

感覚トレーニングの目的は腰部の感覚の正確性を回復させ、潜在的に感覚野の皮質処理を正常化させること







Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Kälin *et al. BMC Musculoskeletal Disorders* (2016) 17:143
DOI 10.1186/s12891-016-0997-8

BMC Musculoskeletal Disorders

RESEARCH ARTICLE Open Access

What is the effect of sensory discrimination training on chronic low back pain? A systematic review

Samuel Kälin[1], Anne-Kathrin Rausch-Osthoff[1] and Christoph Michael Bauer[1,2*]

Abstract

Background: Sensory discrimination training (SDT) for people with chronic low back pain (CLBP) is a novel approach based on theories of the cortical reorganization of the neural system. SDT aims to reverse cortical reorganization, which is observed in chronic pain patients. SDT is still a developing therapeutic approach and its effects have not been systematically reviewed. The aim of this systematic review was to evaluate if SDT decreases pain and improves function in people with CLBP.

Methods: A systematic review was performed on the available literature to evaluate the effects of SDT. Randomised controlled trials compared the effectiveness of SDT on pain and function in people with CLBP with the effectiveness of other physiotherapy interventions, no treatment, or sham therapy. The methodological quality of the included studies and the clinical relevance of reported treatment effects were investigated.

Results: The original search revealed 42 records of which 6 fulfilled the inclusion criteria. The majority of studies showed that SDT caused statistically significant improvements in pain and function, but only two studies reported clinically relevant improvements. The applied SDT varied considerably with regard to dosage and content. The methodological quality of the included studies also varied, which hampered the comparability of results.

Conclusions: Although SDT seems to improve pain and function in people with CLBP, study limitations render firm conclusions unsafe. Future studies should pay closer attention to power and sample selection as well as to the content and dosage of the SDT intervention. We recommend a large, well-powered, prospective randomized control study that uses a standardized SDT approach to address the hypothesis that SDT causes clinically relevant improvements in pain and function.

Keywords: Low Back pain, Sensory feedback training, Physical therapy, Systematic review, Rehabilitation

短期的な触覚刺激の介入が慢性腰痛患者の脳のマップ再編成に関与し、疼痛と脊椎の動作を改善させることができる？

５分間の触覚刺激治療が腰痛患者に施され、直後に疼痛と脊椎屈曲が測定された。治療の直後、疼痛スコアは1.91低下し、さらに脊椎屈曲は4.82cm改善した。身体的動作を行わなくても、動作を改善できるということは、動くことを恐怖している慢性腰痛患者に、有益な可能性がある

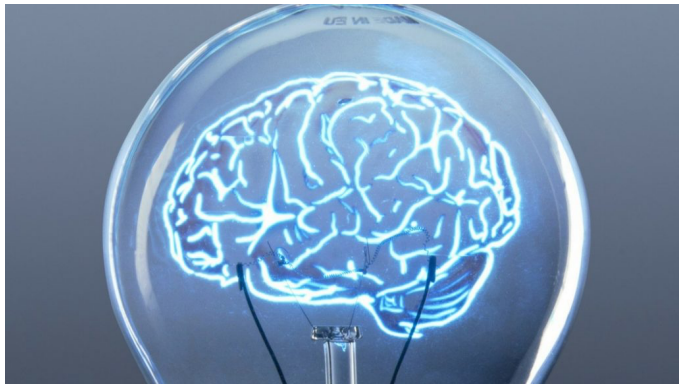
Can a brief tactile intervention associated with brain remapping improve pain and spinal movement in patients with chronic low back pain? A convenience sample of patients with chronic low back pain completed various pre-intervention measurements including low back pain (Numeric Pain Rating Scale), fear-avoidance (Fear Avoidance Beliefs Questionnaire), disability (Oswestry Disability Index) and spinal flexion (fingertip-to-floor). A 5-minute localisation of tactile stimuli treatment was administered to the low back, followed by immediate post-intervention measurement of pain and spinal flexion. Sixteen patients (female = 12; mean age 48.2 years) with chronic low back pain (median duration 10 years) presented with a mean low back pain of 5.56 out of 10, moderate disability (mean Oswestry Disability Index 34.38%) and high fear-avoidance associated with physical activity (average 17.25). Immediately following treatment, the group's mean pain rating for low back pain decreased by 1.91, while forward flexion improved by 4.82 cm. The results from the case series indicate that following a brief tactile discrimination intervention, patients with chronic low back pain exceeded minimal detectible change for forward flexion. Being able to improve movement, without using physical movement, may provide an added benefit for patients with chronic low back pain afraid to move.

Louw A, Farrell K, Wettach L, Uhl J, Majkowski K, Welding M (2015) Immediate effects of sensory discrimination for chronic low back pain: a case series. New Zealand Journal of Physiotherapy 43(2): 58-63. DOI: 10.15619/NZJP/43.2.06

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

2PT DISCRIMINATION - TRAINING

- we can change 2pt discrimination threshold with training
  - 14.5 mm change *RCT Wälti 2015 BMC Musculoskel Dis*
  - 20 mm change *RCT Trapp 2014 J Back Musculoskelet*
  - 35 mm change *case series Wand 2011 Phys Ther*



- 2点識別閾値は、トレーニングによって変化させることができる。
- 14.5mmの変化

  RCT：Wälti 2015

  BMC Musculoskeletal Disorders
- 20mmの変化

  RCT：Trapp 2014

  Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation
- 35mmの変化

  ケースシリーズ：Wand 2011

  Physical Therapy

ASSESS AND TREAT PAIN

BRAIN-BASED APPROACH

GRADED BRAIN-BASED REHABILITATION FOR PAIN MANAGEMENT
疼痛マネジメントのための段階的な脳機能ベース・リハビリテーション

Goal

- Activates specific and involved brain regions in a progressive way
- Retrain the brain, NOT threatened the brain
- Convinces patient they can move (and help re-wire the brain)

目的

- 関与している特定の脳領域を、段階的に活性化する。
- 脳を再トレーニングする。脳に脅威として認識させない。
- 患者に「動ける」という確信を持たせる。そして、脳の再配線を促す。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Research

- Ramachandran hypothesized that the disruption of the normal interaction of motor intention to move the limb and the absence of appropriate sensory feedback resulted in phantom limb pain .
- They speculated that visual feedback would interrupt this pathological cycle.
- Ramachandranは、四肢を動かそうとする運動意図と、それに対する適切な感覚フィードバックとの正常な相互作用が破綻することで、幻肢痛が生じると仮説を立てた。
- 彼らは、視覚フィードバックがこの病的なサイクルを中断する可能性があると考えた。

Ramachandran , V1996

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

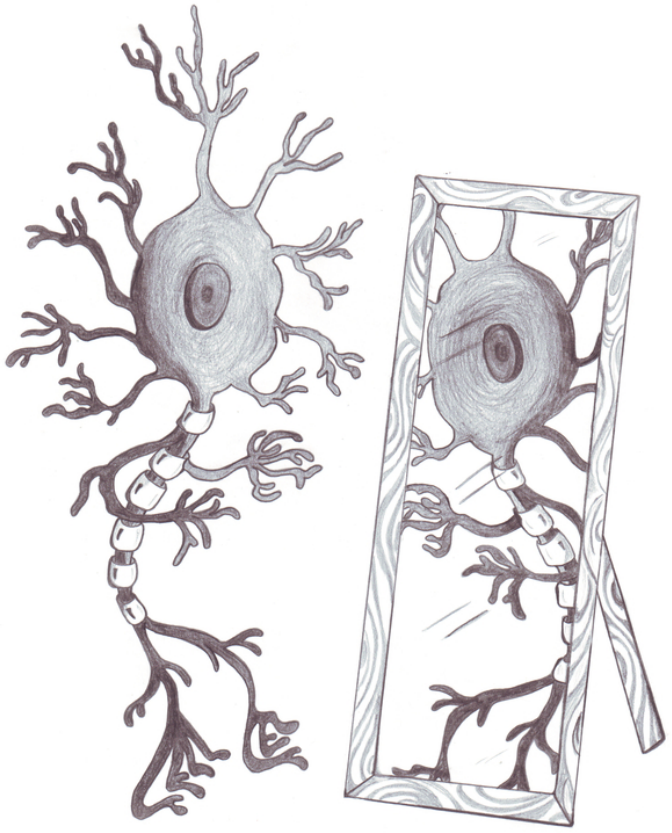
MIRROR NEURONS

The same networks of neurons fire when you

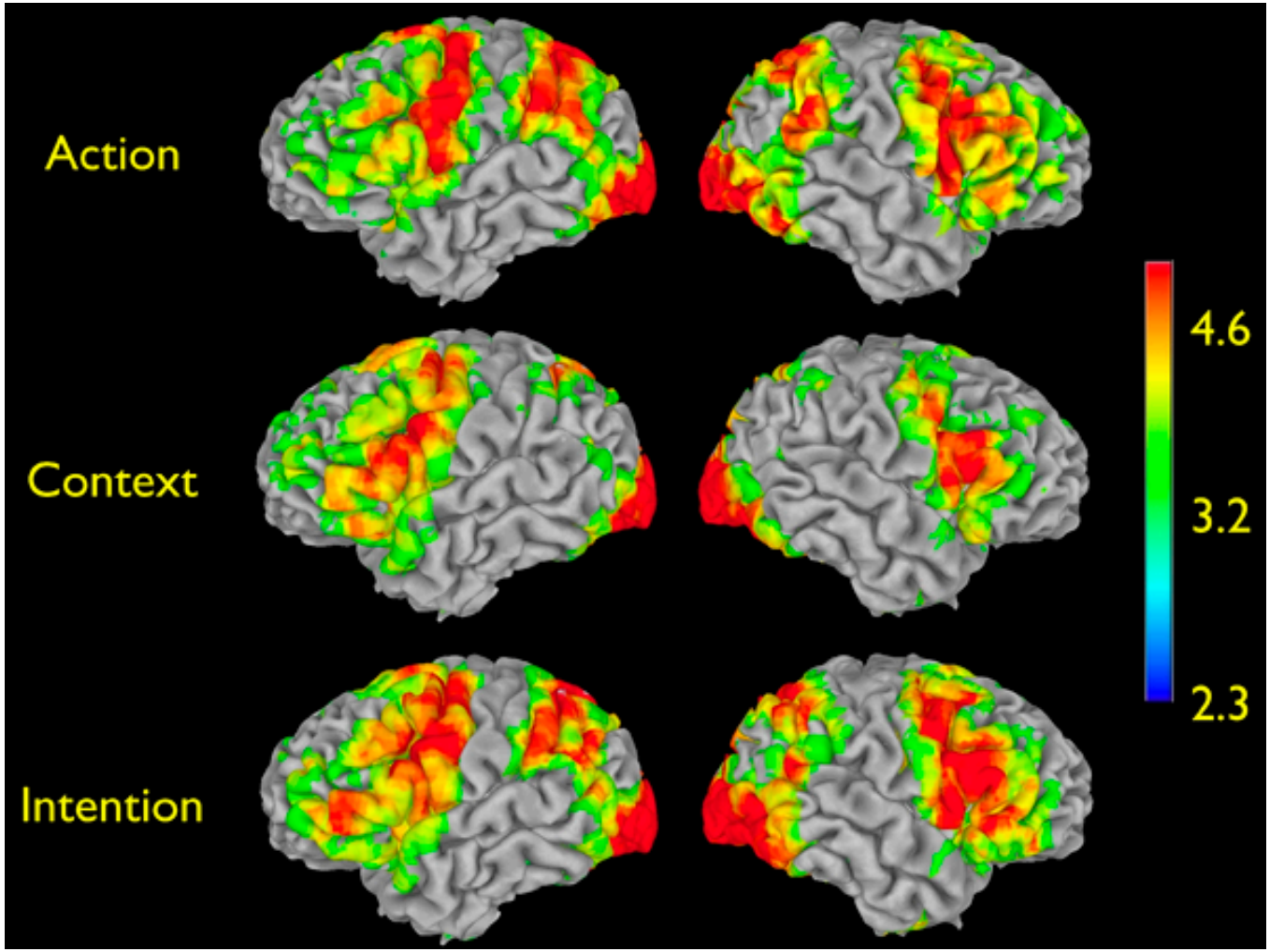
- Perform a task
- Watch a task
- Think about a task

同じニューロンネットワークは、以下の場合に発火する。

- 課題を実行するとき
- 課題を観察するとき
- 課題について考えるとき



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

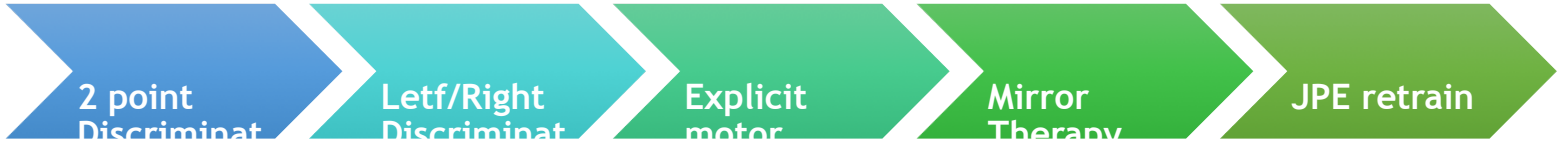


Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

REWIRING THE BRAIN- STEPS

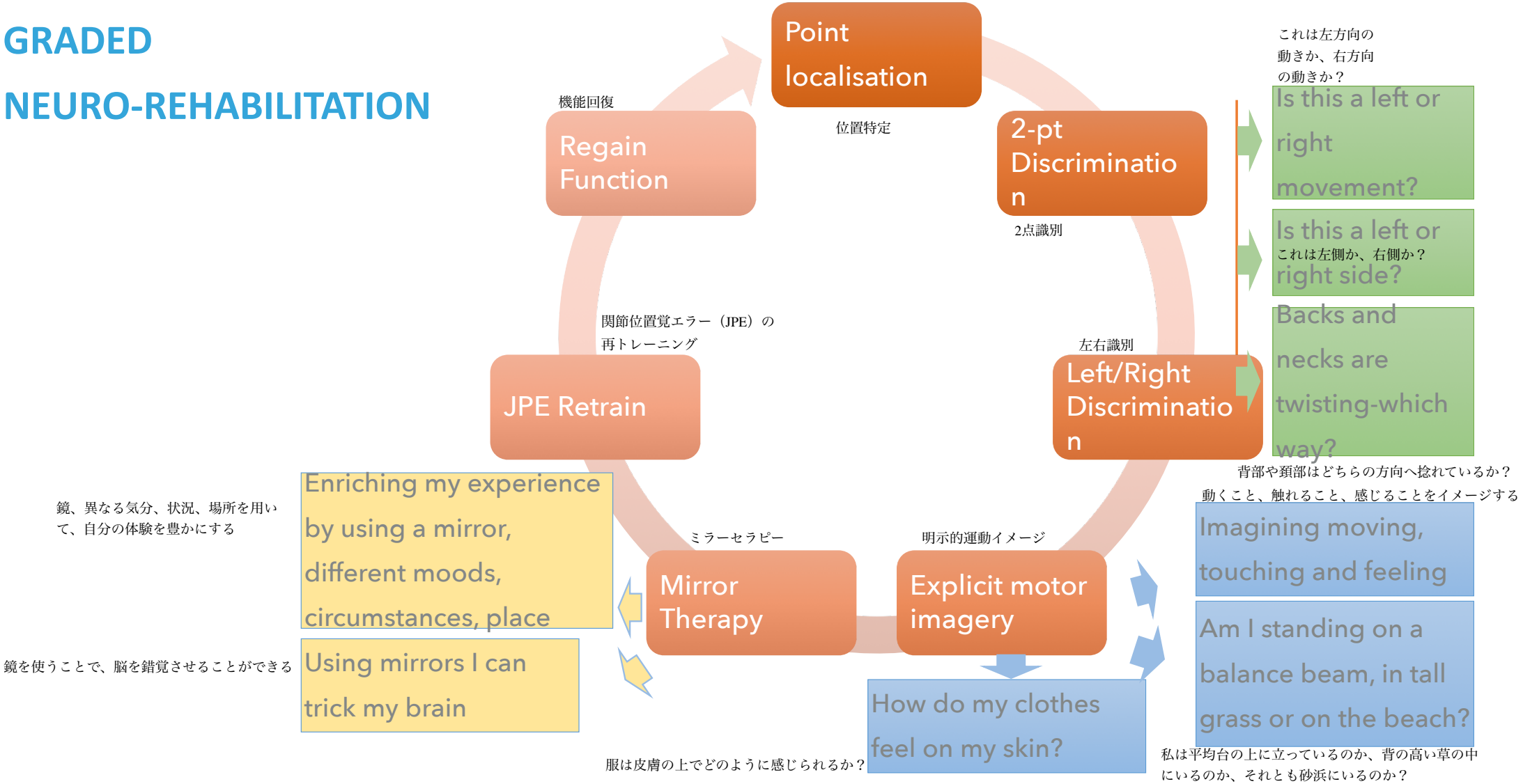
- 2 point discrimination
- Left/Right Identification
  - Restoration of brain's concept of left and right
- Imagery
  - Conscious access to brain which are involved in intention, preparation, and then carrying out the movements
- Mirror Therapy
  - The brain is tricked into thinking that the limb is better than the brain thinks it is
- JPE retrain

- 2点識別
- 左右識別
  - 脳内における左右概念の回復
- イメージトレーニング
  - 運動の意図、準備、そして実行に関与する脳領域へ、意識的にアクセスする。
- ミラーセラピー
  - 脳に対して、その四肢が脳が認識しているよりも良好な状態であると錯覚させる。
- 関節位置覚エラー（JPE）の再トレーニング



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

GRADED NEURO-REHABILITATION



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

GRADED NEURO-REHABILITATION 段階的神経リハビリテーション

- Brain re-education
- Exercise for synapses
- Target the activation of different brain regions

GOAL: Uses brain ability to adapt without setting off pain. Don't fire non wanted areas such as pain neurotags

- 脳の再教育
- シナプスのためのエクササイズ
- 異なる脳領域の活性化をターゲットにする

目的：疼痛を誘発せずに、脳の適応能力を利用する。疼痛ニューロタグのような、望ましくない領域を発火させない。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

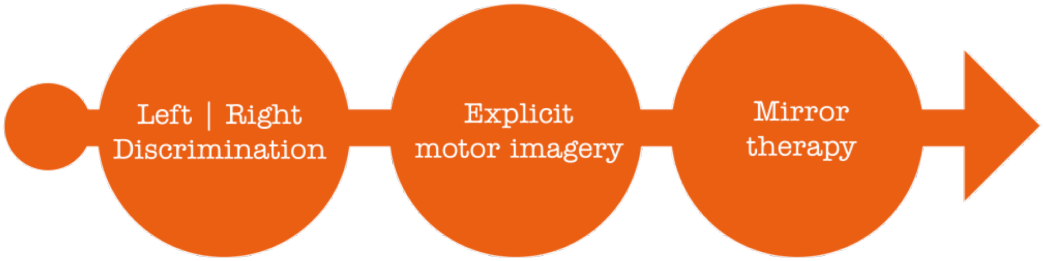
Top Down Training トップダウントレーニング

- Right or Left Identification stimulates premotor areas
- Visual imagery used for relearning cognitive and planning aspect of movement
- Mirror and motor imagery used to re-educate or retrain the brain for basic motor skills by concentrating on the non-painful movement
- Smooth and controlled movements must act as example for brain to reset circuitry that mediates voluntary movement
- 左右識別は運動前野を刺激する。
- 視覚イメージは、運動における認知的側面および計画的側面を再学習するために用いられる。
- ミラーセラピーおよび運動イメージは、疼痛を伴わない動きに集中することで、基本的な運動スキルに関わる脳を再教育・再トレーニングするために用いられる。
- 滑らかで制御された動きは、随意運動を媒介する神経回路を脳がリセットするための手本として働く必要がある。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

REWIRING THE BRAIN (4 STEPS)

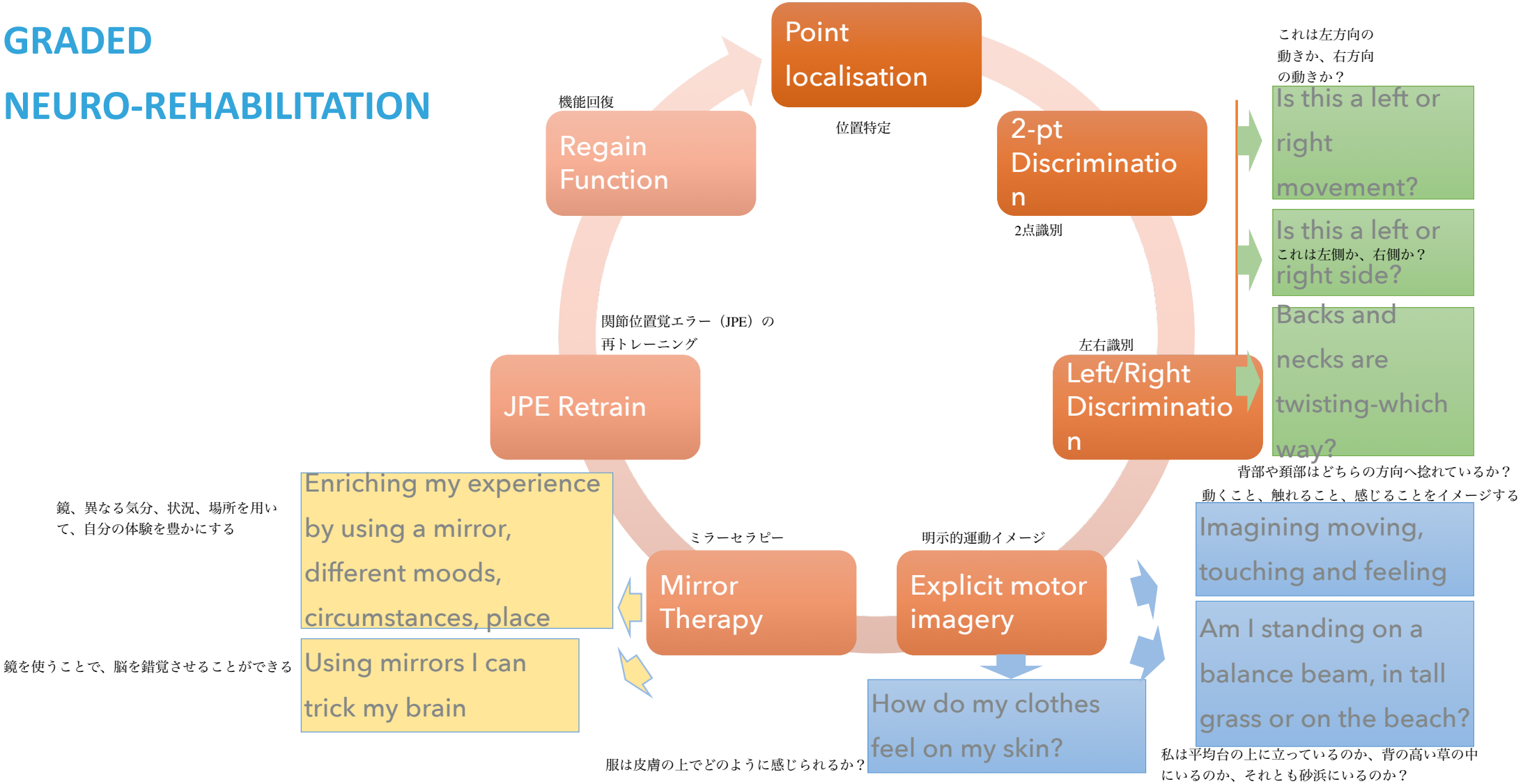
- **step 1 - left-right discrimination**
  - Restoration of brain's concept of left and right
- **step 2 - imagery**
  - Conscious access to brain which are involved in intention, preparation, and then carrying out the movements
- **step 3 - mirror therapy**
  - The brain is tricked into thinking that the limb is better than the brain thinks it is
- **step 4 - joint position awareness**



- **ステップ1：左右識別**
  - **脳内における左右概念の回復**
- **ステップ2：イメージトレーニング**
  - **運動の意図、準備、そして運動の実行に関与する脳領域へ、意識的にアクセスする。**
- **ステップ3：ミラーセラピー**
  - **脳に対して、その四肢が脳が認識しているよりも良好な状態であると錯覚させる。**
- **ステップ4：関節位置覚**

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

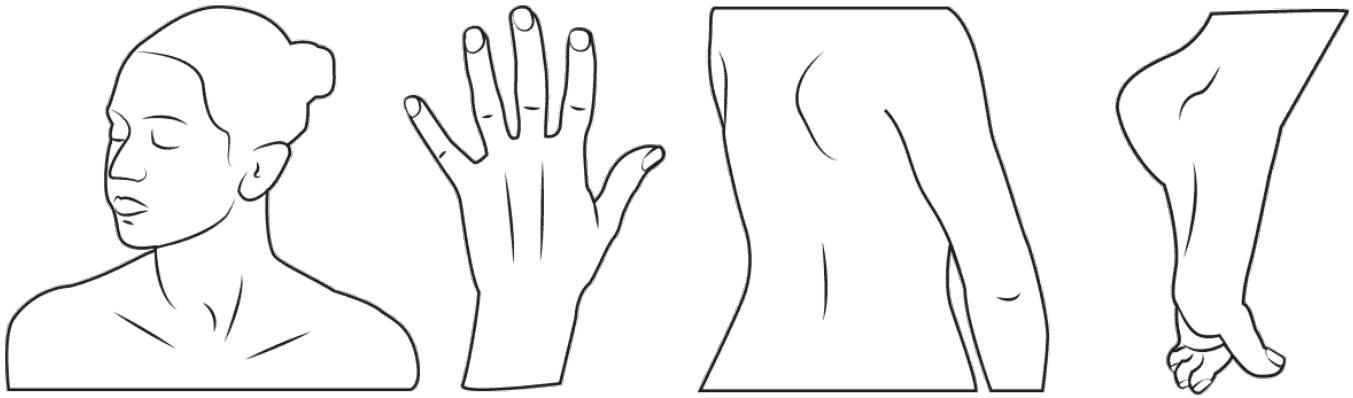
GRADED NEURO-REHABILITATION



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LEFT/RIGHT DISCRIMINATION 左右識別

- The process of identifying one side of the body as distinct from the other, or if a body part is rotating to the left or right
- 身体の一側を反対側と区別して識別するプロセス、または身体部位が左方向・右方向のどちらへ回旋しているかを識別するプロセス。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LEFT/RIGHT DISCRIMINATION 左右識別

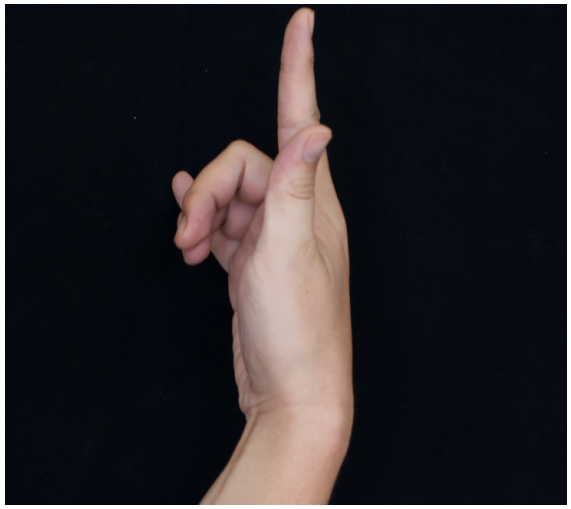
- This ability appears to be important for normal recovery from pain. The good news is that the brain is plastic and changeable, if given the right training for long enough. So with the appropriate tools, a bit of work, patience and persistence, it is possible to improve the ability (speed and accuracy) to discriminate between Left and Right body parts and movements.
- この能力は、疼痛から正常に回復するために重要であると考えられる。良い点は、適切なトレーニングを十分な期間行えば、脳には可塑性があり、変化できるということである。したがって、適切なツールを用いて、少しの努力、忍耐、継続を行うことで、左右の身体部位や動作を識別する能力、すなわち速度と正確性を改善することが可能である。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LEFT/RIGHT DISCRIMINATION 左右識別

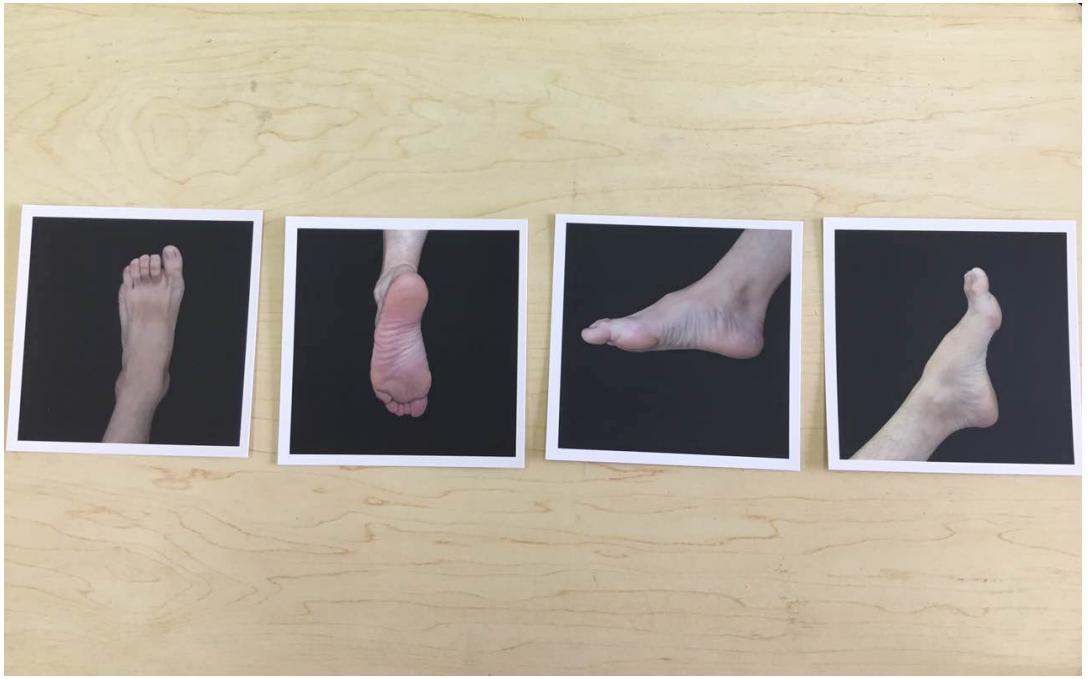
- Is it left or right when dealing with peripheral images
- 手足などの末梢部位の画像を見たとき、それは左側か右側か？





Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Right And Left Identification



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Right And Left Identification

- Hands is it R or L
- Feet is it R or L
- Shoulders which way are they turning
- Back which way are they turning
- 手は右手か、左手か？
- 足は右足か、左足か？
- 肩はどちらの方向へ回旋しているか？
- 背部はどちらの方向へ回旋しているか？







Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LEFT/RIGHT DISCRIMINATION - ACCURACY





In neck pain

- Accuracy <80% = 90% confident it is abnormal
- Difference between sides >6% = 90% confident that its abnormal

In low back pain

- Accuracy <80% = 90% confident
- Difference >10% = 90% confident

頚部痛では

- 正答率が80%未満の場合、90%の確信度で異常と判断できる。
- 左右差が6%を超える場合、90%の確信度で異常と判断できる。

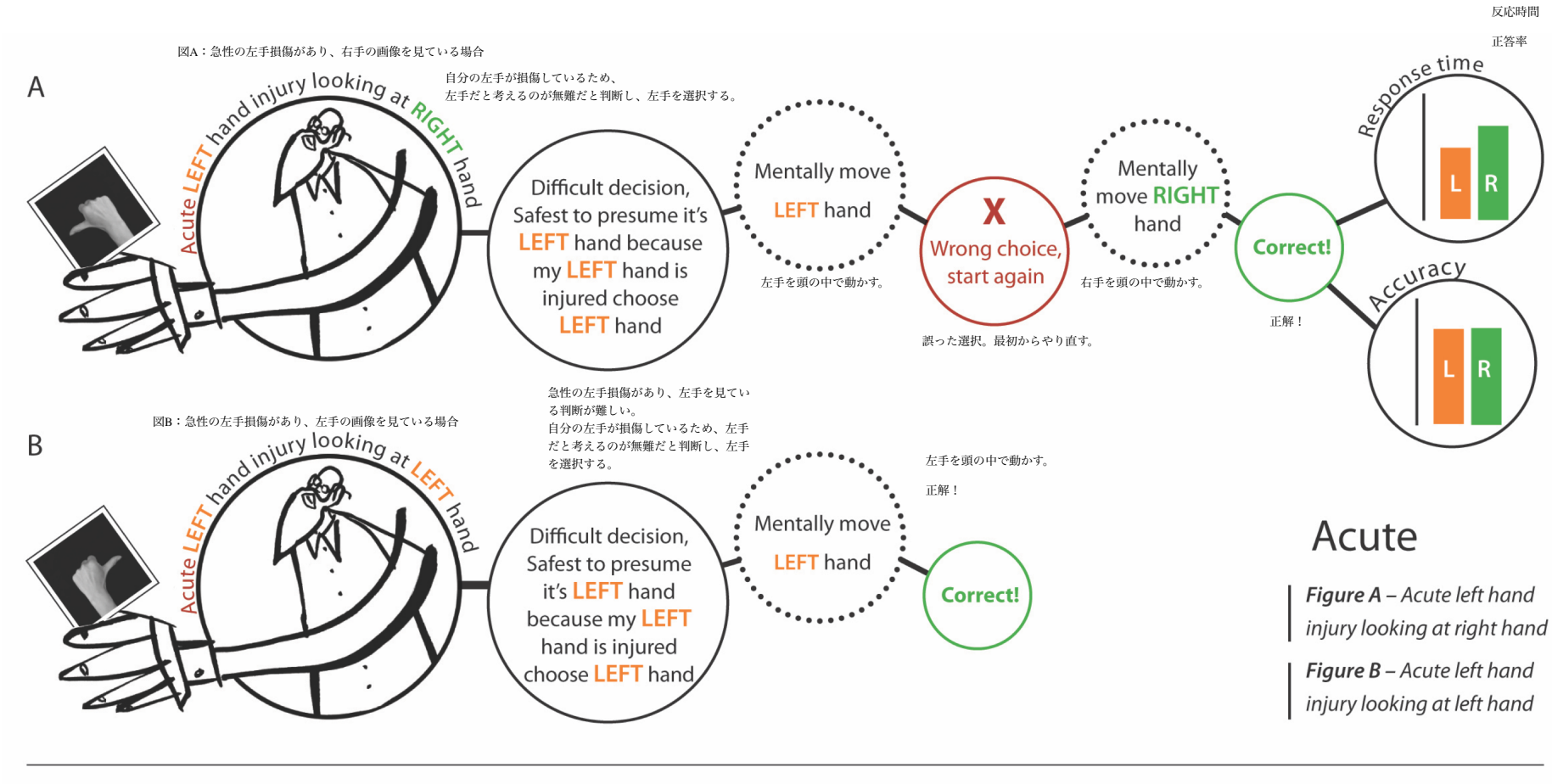
腰痛では

- 左右差が10%を超える場合、90%の確信度で異常と判断できる。
- 正答率が80%未満の場合、90%の確信度で異常と判断できる。

Bowering et al. The effects of graded motor imagery and its components on chronic pain: a systematic review and meta-analysis. J Pain. 2013 Jan;14(1):3-13

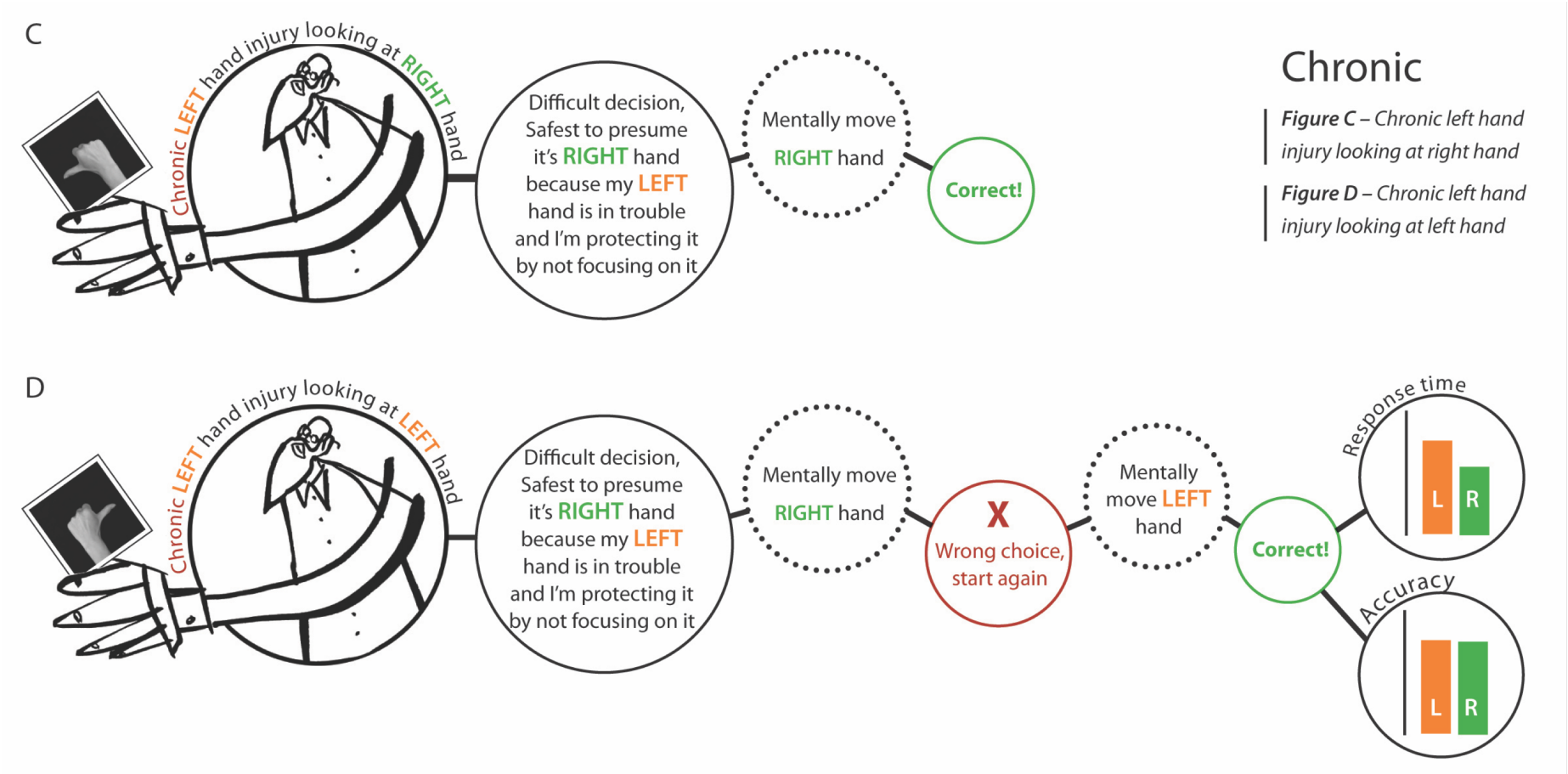
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LEFT/RIGHT – REACTION TIME



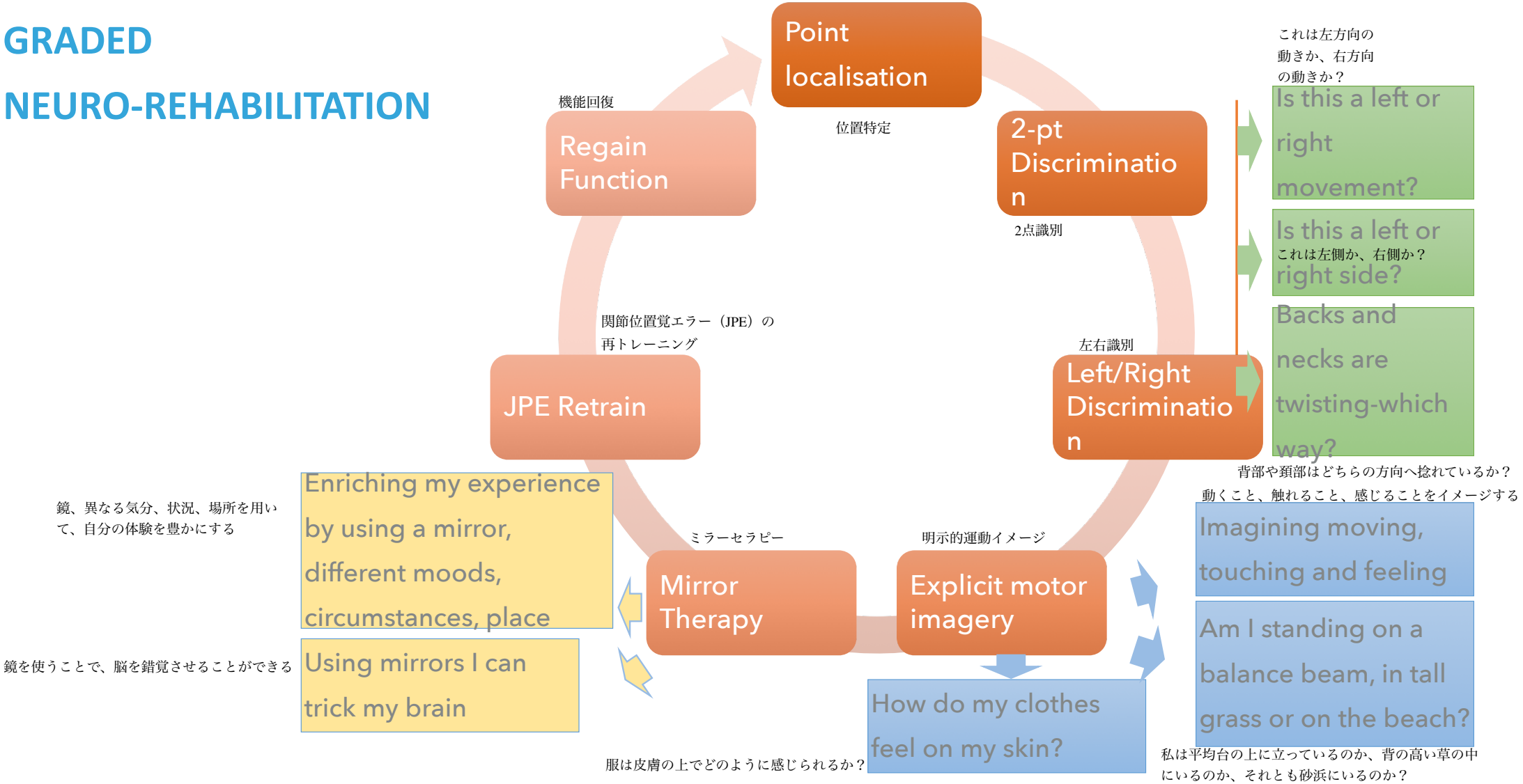
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LEFT/RIGHT – REACTION TIME



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

GRADED NEURO-REHABILITATION

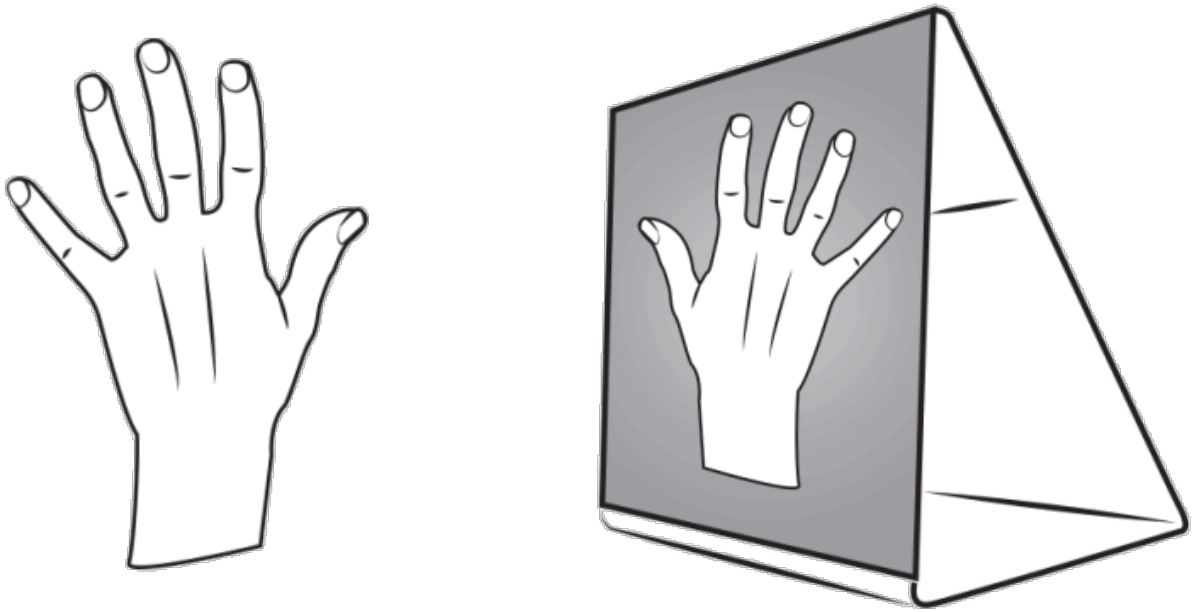


Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MIRROR THERAPY　ミラーセラピー

Using movements of the stronger body part to "trick our brain" into thinking that the weaker body part is moving

より強い側の身体部位の動きを利用して、弱い側の身体部位が動いていると脳に錯覚させる。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Mirror Therapy　ミラーセラピー

- Tricks the brain into correcting its distorted image of the body
- Pain results from a mis-match in the way the brain perceives the body and the actual condition of the body
- Brain is tricked into thinking that the limb is actually better than the brain thinks it is
- Affected limb inside box
- Unaffected limb outside box
- 脳を錯覚させることで、歪んだ身体イメージを修正させる。
- 疼痛は、脳が身体をどのように認識しているかと、身体の実際の状態との間にミスマッチが生じることで起こる。
- 脳に対して、その四肢が脳が認識しているよりも実際には良好な状態であると錯覚させる。
- 患側肢はボックスの中に入れる。
- 非患側肢はボックスの外に置く。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Mirror Therapy　ミラーセラピー

- Mirror to view healthy limb and refection of same healthy limb mimics the involved limb
- Told to concentrate hard on the image as if both limbs were normal
- Environment should be non-threatening
- 鏡を用いて健側肢を見せる。

  その健側肢の鏡像が、患側肢のように見える。
- 患者には、両方の四肢が正常であるかのように、その映像にしっかり集中するよう指示する。
- 環境は、脅威を感じさせないものにする。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MIRROR BOX – KEY POINTS FOR USE

- Illusion must be complete
- Sit comfortably
- Relaxed atmosphere
- Put the injured hand in the box and forget about it

Note – remove jewellery, rings , watches and roll up sleeves

- 錯覚は完全である必要がある。
- 快適に座る。
- リラックスした雰囲気を作る。
- 負傷している手をボックスの中に入れ、その手のことは意識しないようにする。

注意：ジュエリー、指輪、時計は外し、袖をまくる。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MIRROR BOX – KEY POINTS FOR USE

Start by not moving the involved (injured) hand and simply

1. Just look at your hand
2. Turning it up and down
3. Touching finger and thumb
4. Taking weight on it (pushing down on table)



まずは、患側、すなわち負傷している手を動かさずに始める。

1. 単純に、自分の手を見る。
2. 手のひらを上に向けたり、下に向けたりする。
3. 指と親指を触れ合わせる。
4. 手に体重をかける。
   すなわち、テーブルを押し下げる。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MIRROR BOX – KEY POINTS FOR USE

Advanced

1. Crawling on the mirror
2. Tense hand to increase strength
3. Use everyday object like pens and scissors
4. Uses work related tools

応用

1. 鏡の上で這う動作を行う。
2. 手に力を入れて、筋力発揮を高める。
3. ペンやハサミなど、日常的に使う物を使用する。
4. 仕事に関連する道具を使用する。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MIRROR BOX – KEY POINTS FOR USE



Advanced

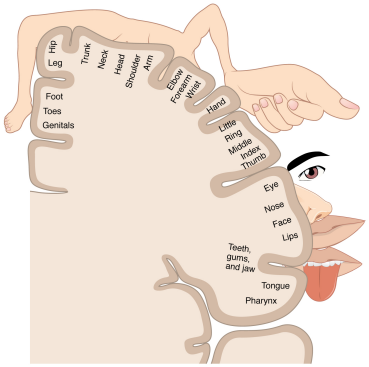
- Place head into mirror, and rub face with hand

Remember the face is next to the hand on the sensory homunculus – we can activate hand neurons by activating the face

応用

- 顔を鏡に映し、手で顔をこする。

体性感覚ホムンクルス上では、顔の領域は手の領域の隣に位置していることを覚えておく。つまり、顔を活性化することで、手の表象に関わるニューロンも活性化することができる。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

MIRROR BOX - USES

It can be used for

1. Phantom limb pain
2. Chronic regional pain syndrome
3. Arthritis
4. Carpal tunnel syndrome
5. Neuropathic pain conditions

以下に使用できる。

1. 幻肢痛
2. 複合性局所疼痛症候群（CRPS）
3. 関節炎
4. 手根管症候群
5. 神経障害性疼痛疾患

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

PAIN AND MOVEMENT

Pain can contribute to poor movement

- Control
- Strength
- Accuracy

Poor movement can contribute to pain

疼痛は、運動の質の低下に関与することがある。

- 運動制御
- 筋力
- 正確性

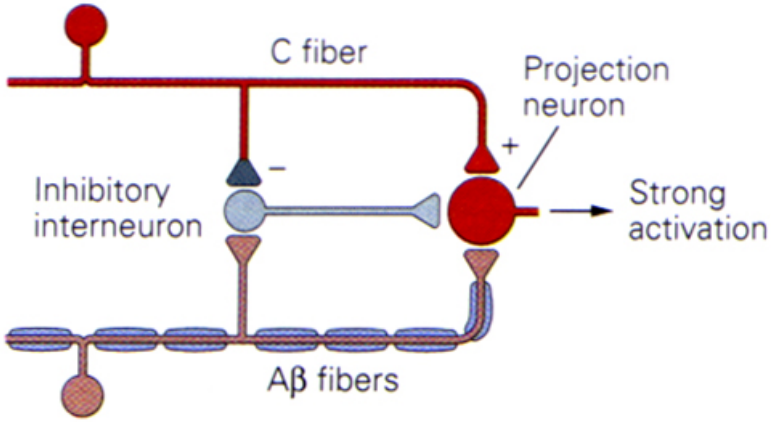
運動の質の低下は、疼痛に関与することがある。

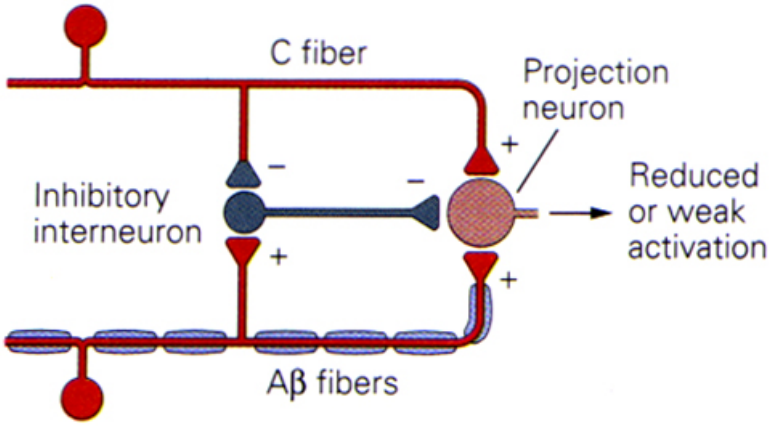


Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LUMBAR JOINT POSITION RETRAINING　腰椎関節位置覚の再トレーニング

- Remember movement (large diameter neurons – proprioception, vibration, mechanoreceptors) will help reduce pain, via activation of the inhibitory interneuron (pain-gate theory)
- 覚えておくべきこと：運動、すなわち大径線維からの入力、固有受容感覚、振動覚、機械受容器の活性化は、抑制性介在ニューロンを活性化することで、疼痛の軽減に役立つ。これは疼痛ゲート理論に基づく。



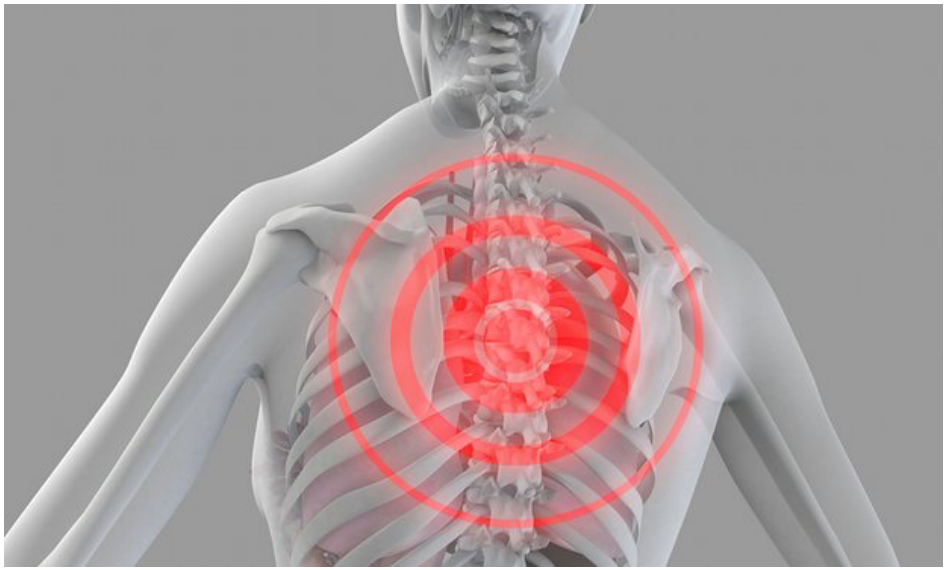


Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

JOINT POSITION ERROR (JPE)

関節位置情報、ある関節で事前に定められた位置、可動域を再現する能力は固有受容感覚の主要な機能。

特定の位置の再現のエラーは関節位置エラー（JPE）と定義される。



Joint position sense, an individual's ability to reproduce and perceive previous predetermined positions or ranges of motion of a joint, is a major component of proprioception.

The error people make whilst reproducing the predefined position is defined as the JPE

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORIMOTOR ASSESSMENT

1. 関節位置情報エラー(JPE)
2. 運動感覚
3. 頭部頚椎分離

どの身体部位においても

- 頚椎
- 胸椎
- 腰椎
- 上肢と下肢







1. Joint Position Error (JPE)
2. Kinesthesia
3. Head-Neck Dissociation

For ANY part of the body

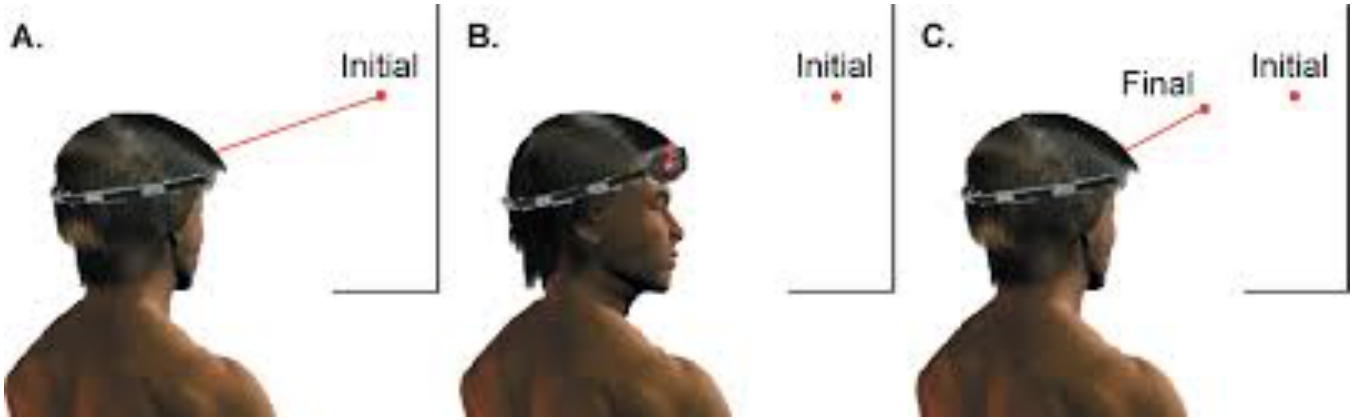
- Cervical
- Thoracic
- Lumbar
- Lower and upper limb

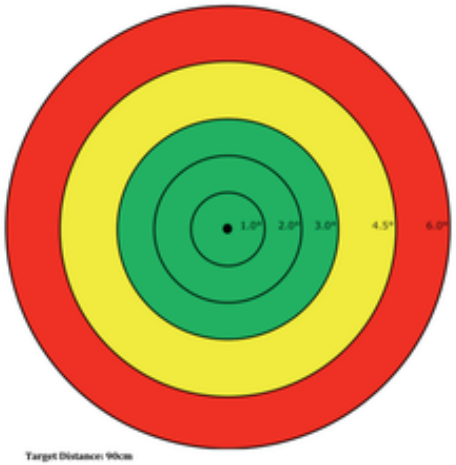
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

JOINT POSITION ERROR TEST

関節位置エラーテストは固有受容感覚とリージョナルコントロール反射（頚筋反射、緊張性頸反射）を評価する。
JPEテストは体を様々な方向に動かしてから元の位置に戻ることで測定する。言い方を変えると、患者が異なる方向に最大限に動かした後に中心に戻る能力を測定する

The JPE test assess the proprioceptive and regional control reflexes (cervico-colic reflex, tonic neck reflex)
The JPE test is used to measure the difference between the start and return position after moving the body to various directions, or said another way, it tests a patients ability to relocate the test body part back to centre after maximal movement in different directions.





Copyright 2020. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

＊頚椎関節位置エラーテストの手法はNCJ特別講座S02・視覚フィードバックにて詳細に説明されています。

HRA TEST - METHOD

1. 患者は背もたれのある椅子に座る
2. スタートの位置からの可動範囲を測定するためにレーザーを患者の頭に装着する。
3. ９０cm前方にターゲットを設置し、患者のニュートラルな位置に調整し、これがターゲットの中心にくるようにする。
4. 患者は目を閉じて、アクティブな頭部の回旋を一方向に、自身のスピードで行い、3秒保持してから、患者はニュートラルのスタート地点に戻る。
5. 戻った位置がターゲットの中心に対してのグローバルエラーを示す
6. 臨床家は患者の頭を中心に戻し、これを繰り返す
7. 3回繰り返して、エラーの平均を記録（中心と修正の違い）
8. 同じ側へのテストにおいて、目は閉じたまま
9. 同じ手法で伸展、屈曲、右回旋、左回線を評価する、臨床家はそれぞれの方向の後に中心に戻す

1. Patient is seated in a chair with a backrest
2. A laser pointer is attached to a subjects' head to measure the magnitude of the displacement from the starting position
3. The target is placed 90cm in front of the patient and able to be adjusted to the patients neutral head position. This is the zero point or centre of the target
4. The patient is instructed, eyes closed, to perform an active head rotation to one side (at their own speed), hold it for 3 secs, after which he or she should return back to the "neutral" or starting head position.
5. The point where this lands indicates the global error related to the center of the target.
6. The practitioner re-centres the patient's head before repeated
7. Repeated 3 times – averaged error (difference on centre and repositioned)
8. Eyes remained closed between testing to the same side
9. The same procedure is followed to assess extension, flexion, right rotation, and left rotation, with practitioner centering after each direction

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LUMBAR JOINT POSITION SENSE

- 頚椎よりも研究されていない
- 信頼性が乏しくはっきりとした結果やガイドラインが定まっていない

慢性腰痛患者においては運動制御の変化、例えば反射の反応時間が長く、姿勢コントロールが乏しく、筋肉のリクルートメントパターンが変調していることが報告されている

これらの運動制御の変化は、固有受容感覚が関係している可能性がある。

- Less studied than the Cx
- With less reliable and clear results and guidelines

For chronic LBP patients, differences in motor control, such as longer muscle reflex latencies, poor postural control, and altered muscle recruitment patterns have been documented.

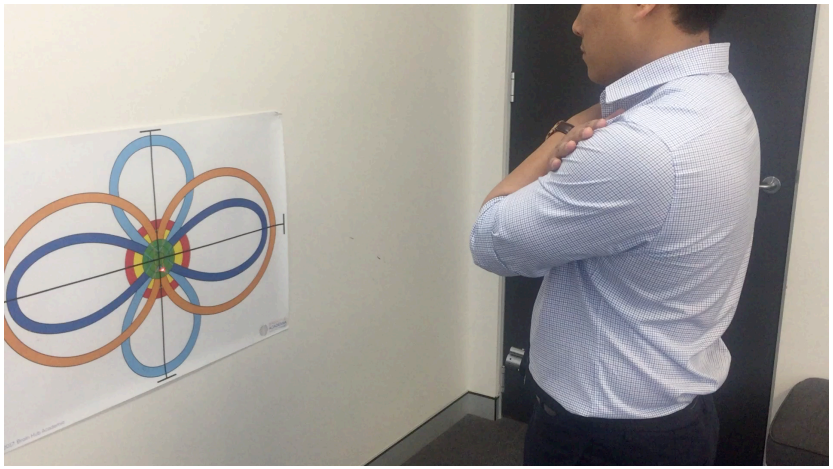
These differences in motor control could be, in part, attributed to deficits in proprioception.

Lee et al. **Comparison of Trunk Proprioception Between Patients With Low Back Pain and Healthy Controls**. Arch Phys Med Rehabil Vol 91, September 2010

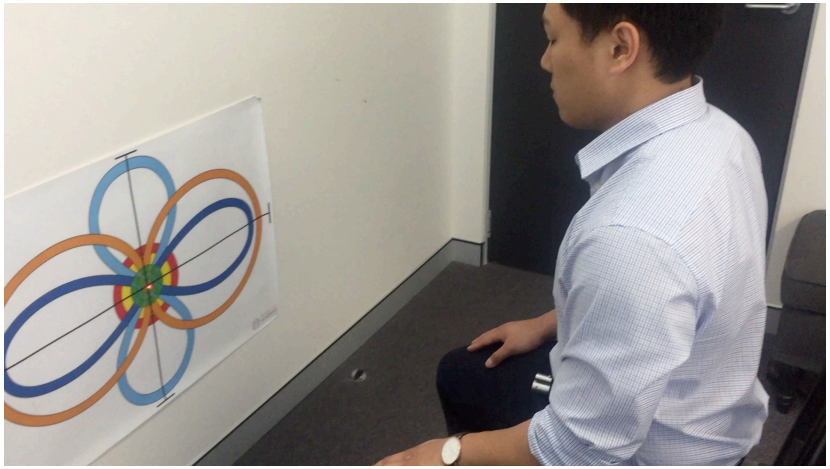
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

LUMBAR JOINT POSITION SENSE TESTING









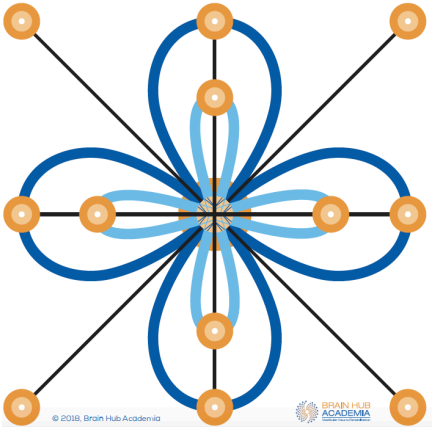
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORIMOTOR - KINESTHESIA





- 運動感覚は迷路などのトレースをどれくらい正確にできるのか、ということで評価することができる。ジグザグや８の字などのパターンを使うこともできる。
- ターゲットに対する正確性やスムーズさを評価する
- 困難になっていることをリハビリする

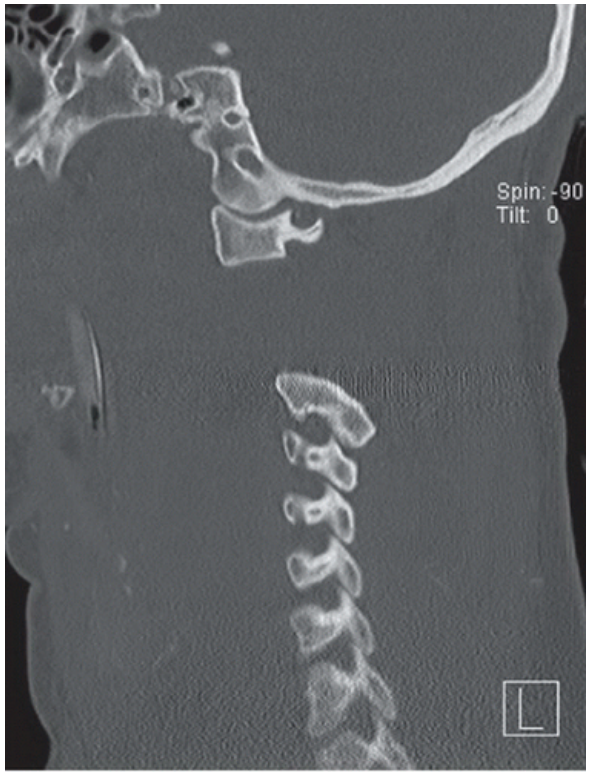


- Kinesthesia can be assessed by following a trace or intricate pattern as accurately as possible. This can be a visual trace (e.g. figure-of-eight, zig-zag)
- Looking for accuracy and smoothness of movements to a target
- Rehabilitate the challenges

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SENSORIMOTOR - BODY DISSOCIATION

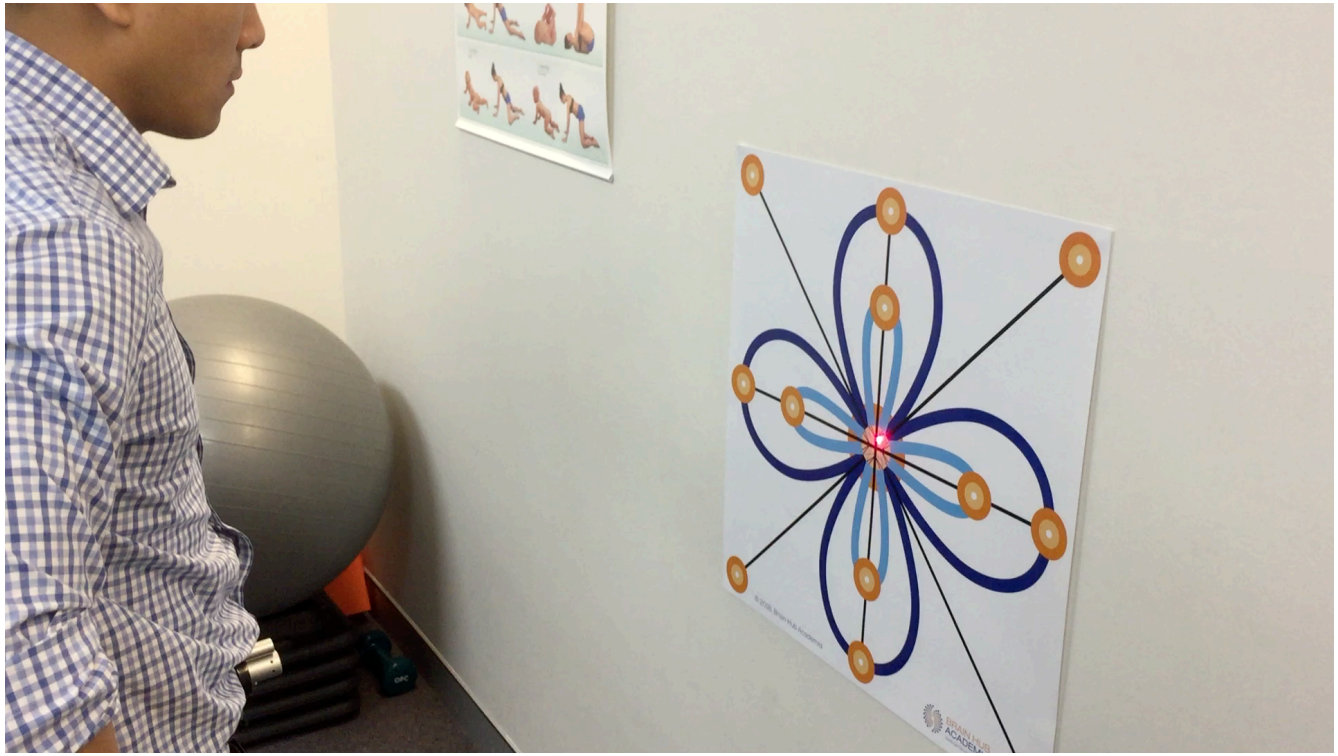
- ある体の部位を他の場所とは別に動かす、例えば
  - 腰椎を胸椎を動かさないで動かす
  - 頚椎を胸椎を動かさないで動かす



- The ability to move one area of the body, independent of another, eg
  - moving the lumbar spine without moving the thoracic spine
  - Moving the cervical spine without moving the thoracic spine

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

TESTING DISSOCIATION - LUMBAR



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

PRACTICAL - SENSORIMOTOR-PROPRIOCEPTION

- Joint Position Error
- Kinesthesia
- Dissociation

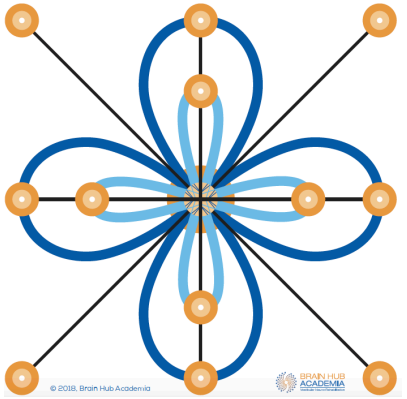
- 関節位置エラー
- 運動感覚
- 分離運動

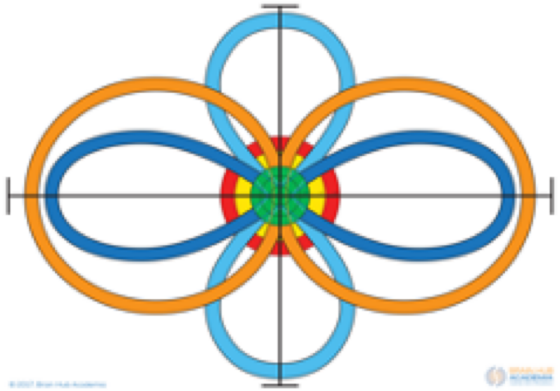
Compare sides, direction of movement and affected side

左右、動作の方向と障害側の比較する

Provide some intervention and re-measure

何らかの介入を行い、再測定する





Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

AVAILABLE TO PURCHASE

- 頭部装着用レーザーとチャート
  - 臨床家バージョン
  - 患者用（両面）

詳細な情報はinfo@fnrchiro.comにお問い合わせください

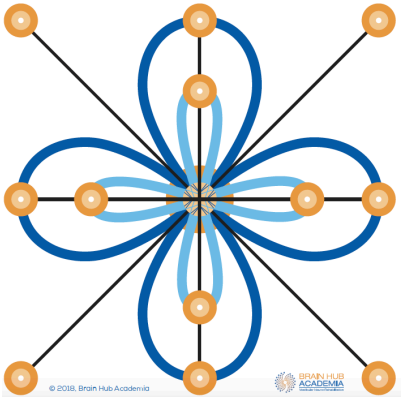




- Head mounted lasers and wall charts
  - practitioner versions
  - patient (doubled-sided version)

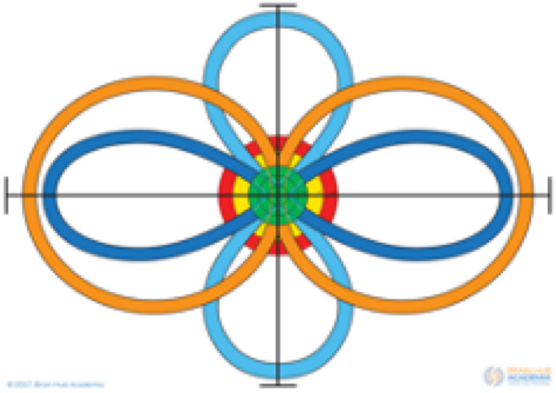
contact info@fnrchiro.com for pricing and bulk purchases

patient charts





practitioner charts



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

REMEMBER - PRIORITY ….

1. 疼痛コントロール
2. モビリティ
3. コントロールと安定
4. 筋力
5. 耐久性



1. Pain control
2. Mobility
3. Control and stability
4. Strength
5. Endurance

REMEMBER YOUR CURRENT MUSCULOSKELETAL MOVEMENT THERAPIES, INCLUDING SPINAL MANIPULATION, MOBILISATION, STRETCHING ETC

1. SPINAL DURAL RELEASE
2. RIBS AND DIAPHRAGM

現在行っている筋骨格系の運動療法を忘れないこと。脊椎マニピュレーション、モビリゼーション、ストレッチングなど。

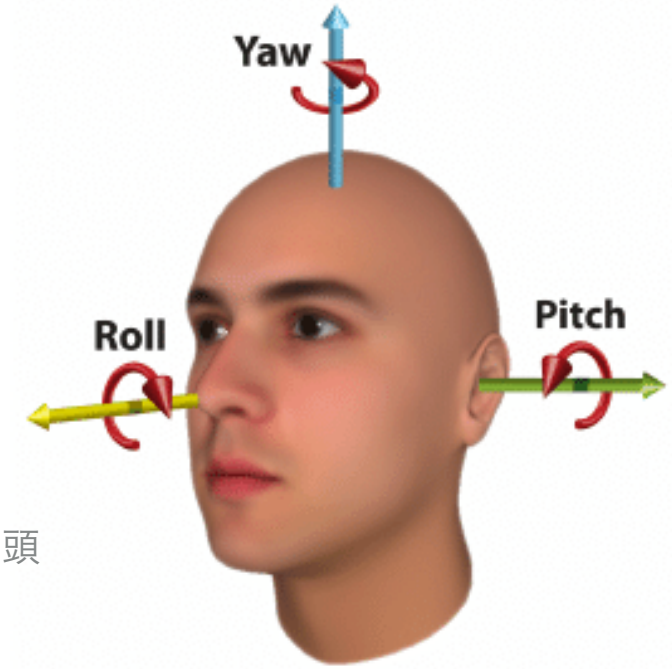
1. 脊髄硬膜リリース
2. 肋骨と横隔膜

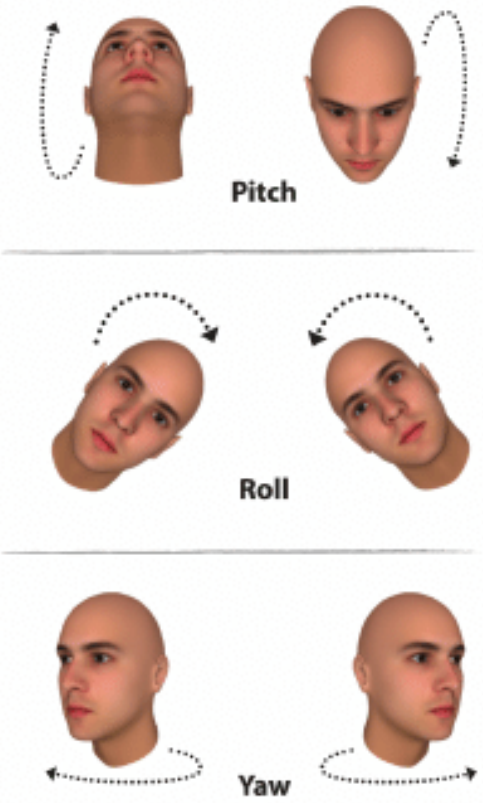


MOBILITY モビリティー

SPINAL DURAL RELEASE 脊髄硬膜リリース

- No manipulation required
- ‘Hold and resist’ head movement whilst the body and head is in different positions
  - ➢ Pitch
  - ➢ Roll
  - ➢ Yaw

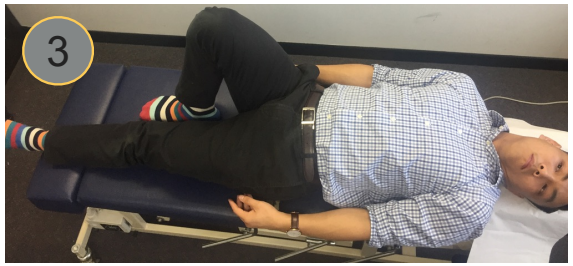


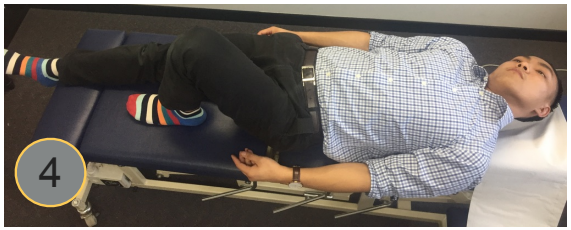


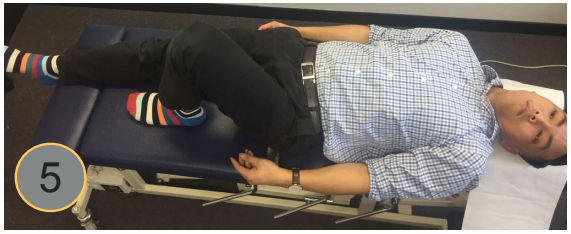
- マニピュレーションは必要ない。
- 身体と頭部をさまざまな位置に置いた状態で、頭部の動きに対して「保持し、抵抗を加える」。
  - ピッチ：屈曲・伸展方向
  - ロール：側屈方向
  - ヨー：回旋方向















8 – Cx flexion

9 – Cx flexion/ left rotation

10 – Cx flexion/ right rotation

RIB ADJUSTMENTS

Aim to improve oxygenation and lung volume



Upper ribs (6 and above)



Lower ribs (7 and below)

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

- Remember, we want control/stability/balance BEFORE endurance and strength
- Remember meet the patient where they’re at based on examination findings
- Remember to progress the patient with more challenging exercises
- 覚えておくべきこと：
- 持久力や筋力よりも先に、運動制御、安定性、バランスを獲得することが重要である。
- 検査所見に基づき、患者の現在のレベルに合わせて介入する。
- より難易度の高いエクササイズへ、段階的に進めていく。



NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

Gluteal muscles (Pelvic stabilisers)

- Supine
- Bridge position
- Isolate glutes (and inhibit hamstring and lumbar) by using a pilates ring and pushing knees out (abducting) whilst doing bridge

殿筋群（骨盤スタビライザー）

- 仰臥位
- ブリッジポジション
- ブリッジを行いながら、ピラティスリングを使用して膝を外側へ押し広げる、すなわち股関節を外転させることで、殿筋を分離して活性化する。
- 同時に、ハムストリングスおよび腰部の代償を抑制する。



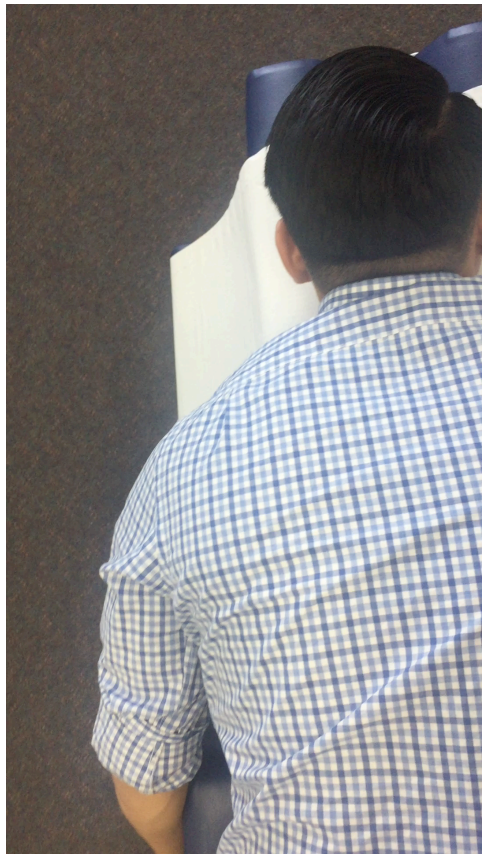
NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

Scapular stabilisers

- Looking assessing
  - ➢weak lower trapezius, lat dorsi, rhomboids
  - ➢Overactive upper traps, levator scapula, triceps
- Prone position
- Check individual sides, then combined
- Asking patient to squeeze their should blades inward

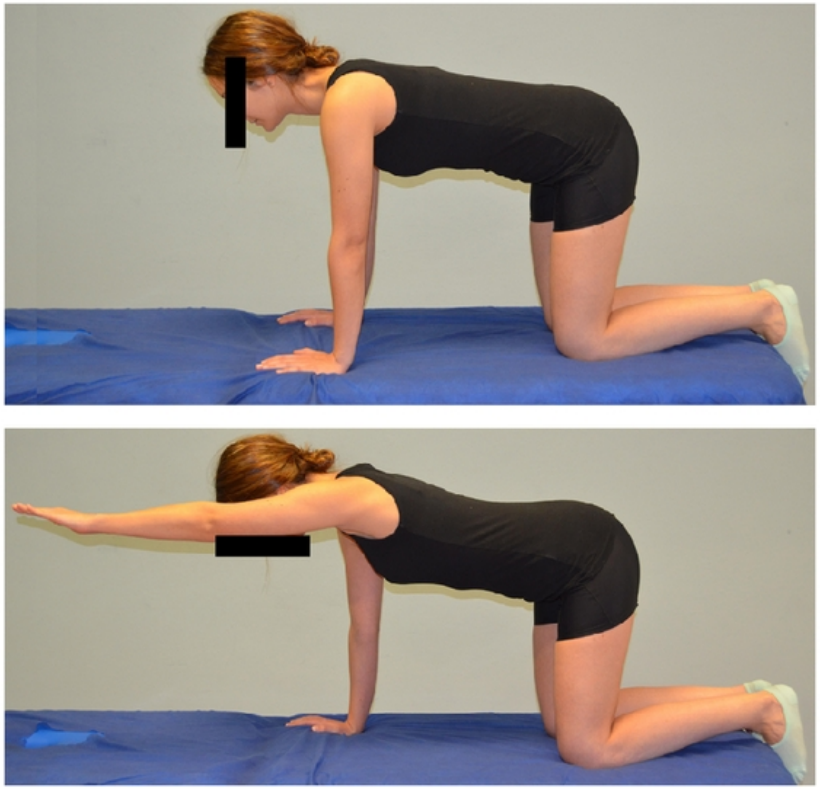
肩甲骨スタビライザー

- 評価で確認するポイント
- 弱化している可能性がある筋：
  下部僧帽筋、広背筋、菱形筋
- 過活動になっている可能性がある筋：
  上部僧帽筋、肩甲挙筋、上腕三頭筋
- 腹臥位
- 左右それぞれを個別に確認し、その後、両側を組み合わせて確認する。
- 患者に、肩甲骨を内側へ寄せるよう指示する。



NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

- SCAPULAR STABILIZERS





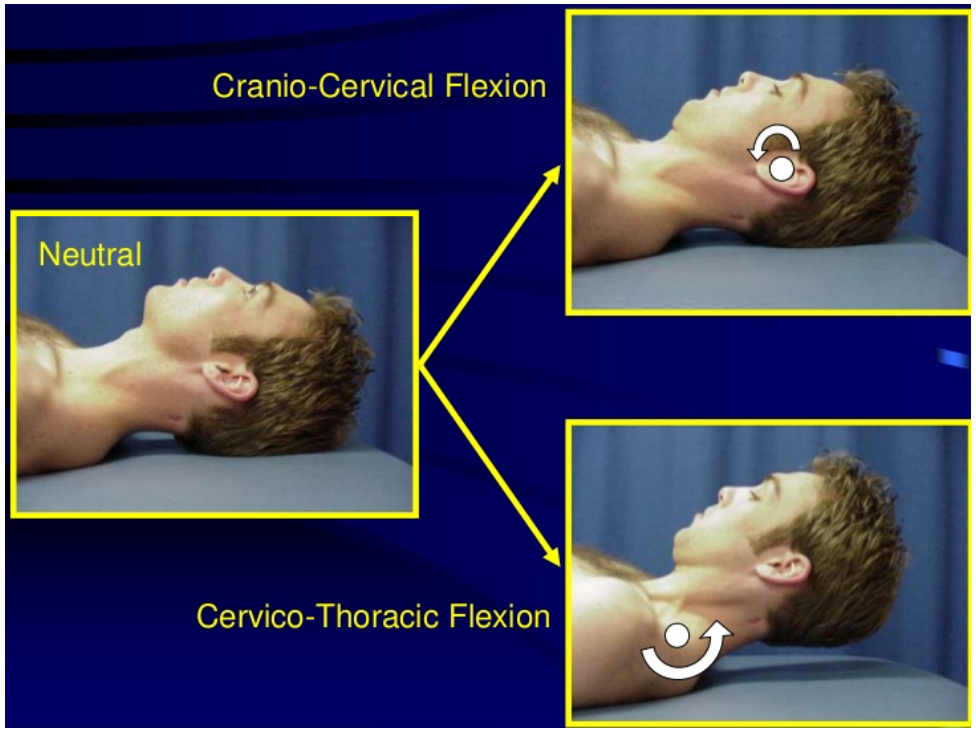
NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

Deep cervical flexors

- Supine
- Keep head on floor
- Tucking chin in “say a yes”

深部頚部屈筋群

- 仰臥位
- 頭を床につけたまま行う。
- 顎を引き込む。
  「はい」とうなずくように行う。



NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

Keep in mind you can be creative and offer a unique rehabilitation program by **STACKING** exercises to **suit the patients goals and level of function and progress**

Example

➢bridge with cervical flexors
➢Balance with dissociation

患者の目標、機能レベル、そして進行状況に合わせて、エクササイズを組み合わせることで、創造的かつ個別性の高いリハビリテーションプログラムを提供できることを覚えておく。

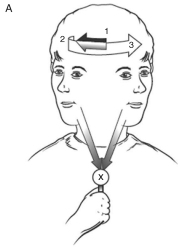
例：

ブリッジ＋深部頸部屈筋群

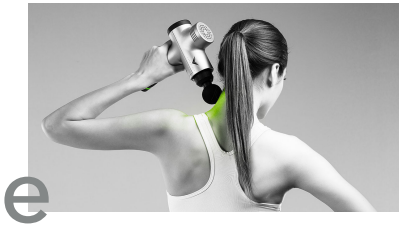
バランス＋分離運動



NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION - STACKING WITH BRAIN INTEGRATION







Vestibular

cognitive

Parietal







Cerebellum

Autonomics

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

レーザーターゲットのフィードバックシステムを用いる

1. **腰椎屈曲と伸展 (四つん這い)**
   - 腕を伸ばす
   - 後ろに揺れない

Using the laser-target feedback system

1. **Lumbar flexion and extension** (4 point kneeling)
   - Keep arms straight
   - Don’t rock backwards

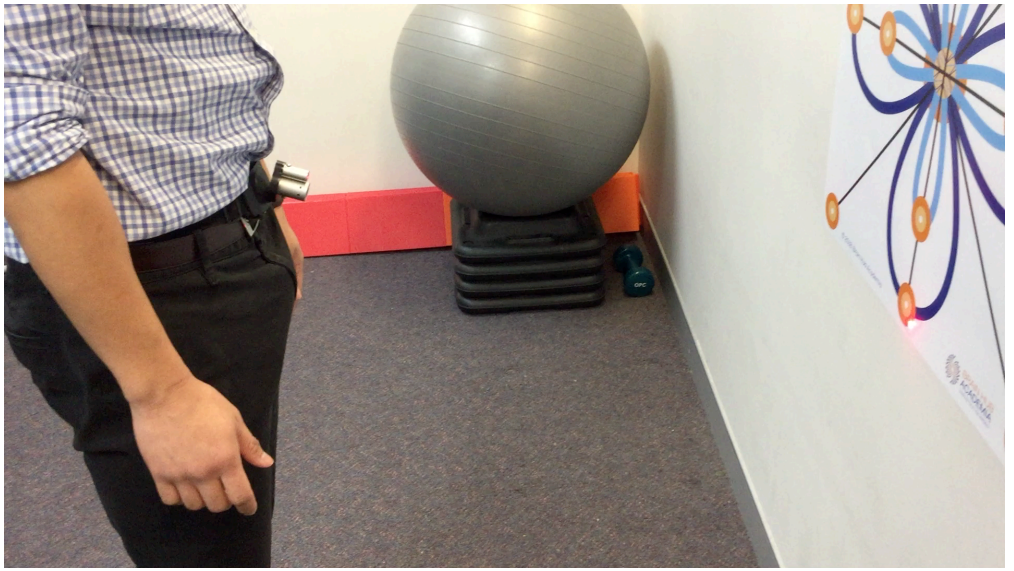


Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

レーザーターゲットのフィードバックシステムを用いる

2. **ローマンデッドリフト**
   - 股関節にレーザー・床にターゲット
   - 片足を伸ばす
   - 床のターゲットに向かって前方にヒンジ
   - 負荷を加えてチャレンジアップ



Using the laser-target feedback system

2. **Roman dead lift**
   - Laser on hips, target on floor
   - 1 leg straight
   - Hinge forward keeping stable is on target on floor
   - Add load (increase challenge)

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

レーザーターゲットのフィードバックシステムを用いる

3. **股関節伸展**
   - 大腿部にレーザー、壁にターゲット
   - ストレートレッグレイズ
   - パターンで動かす
   - ブリッジ



Using the laser-target feedback system

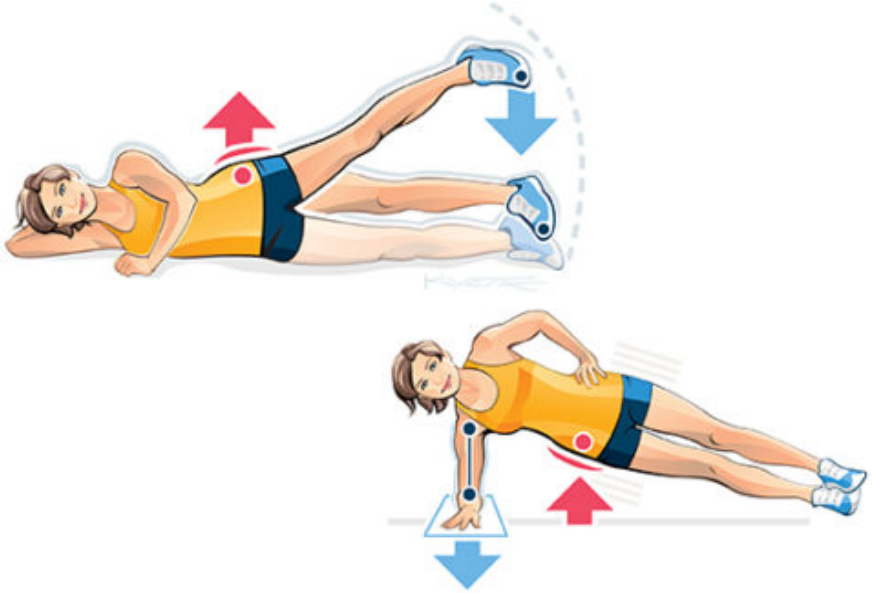
3. **Hip extension**
   - Laser on thigh, target on wall
   - Straight leg raise
   - Move to patterns
   - Bridge

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

レーザーターゲットのフィードバックシステムを用いる

4. **ヒップサイド- 伸展**
   - 大腿部にレーザー、壁にターゲット
   - ストレートレッグアブダクション
   - パターンで動かす
   - ブリッジ



Using the laser-target feedback system

4. **Hip side - extension**
   - Laser on thigh, target on wall
   - Straight leg abduction
   - Move to patterns
   - Bridge



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

レーザーターゲットのフィードバックシステムを用いる

5. **骨盤-胴体部分離運動**
   - 2つのレーザー ：胸と大腿部（仰臥位）と骨盤（立位）
   - 一方を動かさないで、もう一方のみ動かす

Using the laser-target feedback system

5. **Pelvis - Trunk dissociation**
   - 2 lasers – chest and thigh (supine) and pelvis (standing)
   - Move one, whilst stabilising the other



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

レーザーターゲットのフィードバックシステムを用いる

6. **プランク胸椎安定**
   - 腕立てのポジション
   - 胸にレーザー、床にターゲット
   - 両足を床に (耐久性)
   - 片足をあげるー
   - 片足を上げて動かす
   - ２つ目のターゲットを壁に、回旋を加える

Using the laser-target feedback system

6. **Plank Thoracic stability**
   - In push-up position
   - Laser on chest, target on floor
   - Both feet down (endurance)
   - 1 leg up – spinal stability
   - 1 leg up and moving
   - Rotations with 2nd wall target



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

レーザーターゲットのフィードバックシステムを用いる

7. **四つん這い胴体部安定性**
   - レーザーを胸にターゲットを床に
   - 片足をあげる、片手を上げる、片手＆片足をあげる
   - レーザーをターゲットに維持

Using the laser-target feedback system

7. **4 point kneel trunk stability**
   - Laser on chest, target on floor
   - Lifting 1 leg, 1 arm, 1 leg/1 arm
   - Maintaining laser on target



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

RIB ADJUSTMENTS

酸素取り込みと肺容量の改善

Aim to improve oxygenation and lung volume



Upper ribs (6 and above)

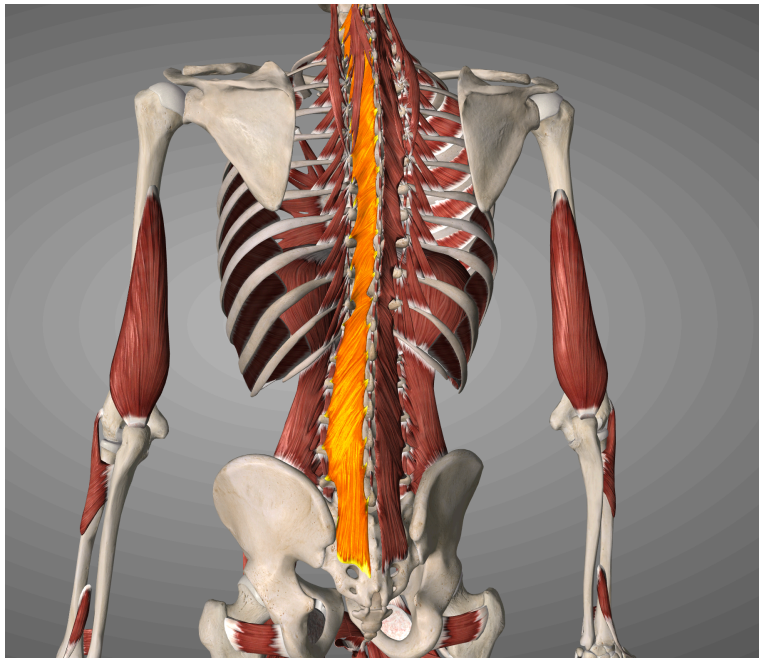


Lower ribs (7 and below)

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SPINAL CONTROL AND STABILITY

1. テーピング
2. 固有受容感覚と関節位置の知覚トレーニング
   - 関節ポジショニングトレーニング
   - 運動感覚
   - 分離運動
3. 神経筋脊椎リハビリテーション



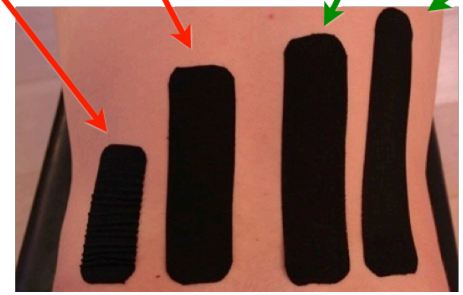
1. Taping
2. Proprioception and joint position awareness training
   - Joint positioning retraining
   - Kinesthesia
   - Body dissociation
3. Neuro-Muscular Spinal Rehabilitation

SPINAL CONTROL AND STABILITY

- ファンクショナルテーピング
- Functional taping

Kinesiology Tape Tension

Tension:	**Negative to 0%** (optional tissue pre-stretch and 0% tape tension)	**0%-20%**	**20- 50%**	**50 - 80%**
Goal:	•Reduce muscle spasm	•Reduce swelling •Reduce muscle spasm	•Increase muscle tone	•Pain relief ('Bandaid')
Function:	•**Inhibit** (down-regulate neural activity)	•Mechanical (**Improve lymph** and vascular flow) •Neurological (**inhibit** neural activity)	**Facilitate** muscle firing and coordination (**UP**-regulate neural activity)	**Offload** healing tissue whilst increasing ROM



1. Negative tension to 0%

Best for: calming, desensitising, reducing threat

This is where you place the tissue or body part into a gently lengthened or corrected position, then apply the tape with **no stretch**.

Use this when the patient has:

- muscle guarding
- protective spasm
- allodynia or hyperalgesia
- CRPS-like sensitivity
- chronic pain with high threat
- fear of movement
- touch sensitivity
- autonomic or stress-driven pain behaviour

1. Negative tension to 0%

Clinical intention

The goal is to give the nervous system a **safe, low-threat sensory input**.

This is especially useful in chronic pain, where more forceful correction can make the nervous system more protective.

Example

For a sensitised low back pain patient:

1. Ask them to stand or lie comfortably.
2. Slightly lengthen the lumbar skin by asking for gentle flexion, or position them in a comfortable unloaded posture.
3. Apply two lumbar strips with **0% tape tension**.
4. Return to neutral.
5. Retest flexion, extension, pain rating or confidence.

Message to participants

This is not corrective taping. It is calming sensory input.



2. 0–20% tension

Best for: sensory cueing, swelling, mild inhibition, proprioception

This is probably the most useful range for a brain-based pain workshop.

Use this when the patient has:

- poor body awareness
- poor joint position sense
- chronic pain with sensory smudging
- mild guarding
- swelling or lymphatic congestion
- poor movement confidence
- low-grade protective tone
- poor spinal or joint control

Clinical intention

The goal is to improve:

- cutaneous feedback
- proprioception
- joint position awareness
- movement confidence
- body map clarity

2. 0–20% tension

Example: lumbar awareness tape

1. Test lumbar flexion or hip hinge.
2. Apply two vertical strips along lumbar paraspinals with **10–20% tension**.
3. Retest flexion.
4. Ask: “Does your back feel clearer, safer, or easier to move?”

Example: scapular awareness tape

1. Test shoulder elevation.
2. Apply tape along the medial scapular border with **10–20% tension**.
3. Retest elevation.
4. Look for improved scapular control or reduced upper trap guarding.

Message to participants

This tension is usually enough to improve awareness without increasing threat.

3. 20–50% tension

Best for: facilitation, movement guidance, stronger proprioceptive cueing

This tension range gives a more obvious sensory cue.

Use this when the patient has:

- poor muscle activation
- delayed stabiliser timing
- poor motor control
- valgus knee collapse
- poor scapular control
- poor lumbar/pelvic control
- poor foot/ankle awareness
- a movement pattern that needs clearer feedback

Clinical intention

The goal is to help the patient feel and organise movement better.

This is where you can use tape to **facilitate muscle firing and coordination**, but I'd avoid implying that tape directly "switches on" muscles in a simplistic way. It is more accurate to say it may improve sensory input and motor output.

3. 20–50% tension

Example: lumbar awareness tape

1. Test lumbar flexion or hip hinge.
2. Apply two vertical strips along lumbar paraspinals with **10–20% tension**.
3. Retest flexion.
4. Ask: “Does your back feel clearer, safer, or easier to move?”

Example: scapular awareness tape

1. Test shoulder elevation.
2. Apply tape along the medial scapular border with **10–20% tension**.
3. Retest elevation.
4. Look for improved scapular control or reduced upper trap guarding.

Message to participants

This tension is usually enough to improve awareness without increasing threat.

4. 50–80% tension

Best for: offloading, stronger mechanical support, short-term pain relief

This is the most mechanical end of the spectrum.

Use this when the patient has:

- acute tissue irritability
- a painful movement needing temporary offload
- a sense of instability
- a region that feels vulnerable
- a short-term need for confidence during movement
- a painful tendon/joint region where unloading improves function

Clinical intention

The goal is to provide more obvious support or unloading while the patient moves.

This can be useful, but in a brain-based pain program I would teach this as **a temporary bridge**, not the main treatment.

4. 50–80% tension

Example: painful knee or patellar tendon

1. Test squat or stairs.
2. Apply offload-style tape with **50–80% tension** across the symptomatic region.
3. Retest squat/stairs.
4. If pain improves, immediately retrain the movement while symptoms are reduced.

Example: lumbar “support” sensation

For someone who feels their back is unsafe:

1. Apply stronger lumbar support tape.
2. Retest bending or sit-to-stand.
3. Use the improved confidence to practise graded movement.
4. Progress toward lower tape tension over time.

Message to participants

High-tension tape can reduce threat and offload tissue, but it should not become a long-term substitute for control.



After taping, always retest:

* pain

* range of motion

* strength/MMT

* balance

* movement quality

* confidence

* body awareness

The clinical rule:

If the output improves, the tape was useful.

If nothing changes, modify the input.

If symptoms worsen, reduce tension or remove it.

It can influence pain by changing:

- cutaneous sensory input
- proprioception
- body map clarity
- joint position awareness
- movement confidence
- protective muscle guarding
- perceived threat
- sensory-motor matching
- tolerance to movement

For chronic or persistent pain, this is especially important because the painful area may be poorly represented, overprotected, hypersensitive, or inaccurately perceived by the brain.

“We are not taping the injury; we are taping the nervous system’s perception of the area.

f the patient says “I cannot feel/control the area properly”

Use **proprioceptive cueing tape**.

Goal: improve body map and joint position awareness.

If the patient says “It feels unstable”

Use **supportive sensory tape**.

Goal: reduce threat and improve confidence.

If the patient says “It hurts when I move this way”

Use **movement-guidance tape**.

Goal: cue a safer or more organised movement strategy.

—

If the patient is hypersensitive to touch

Use **desensitisation tape**.

Goal: graded exposure, low threat, low intensity.

If the patient is overprotecting

Use **down-regulation/unloading tape**.

Goal: reduce guarding and improve movement options.

If the patient cannot recruit a stabiliser

Use **facilitation tape**.

Goal: improve awareness and timing of the target region.

Every taping practical should use the same retesting structure:

1. Pain: Did pain reduce, increase, or change location?
2. Movement: Did range, speed, smoothness or confidence improve?
3. Motor output: Did strength, timing or control improve?
4. Sensory awareness: Does the area feel clearer or safer?
5. Threat: Does the patient feel less guarded?
6. Function: Is the task easier?

“The tape is only useful if the nervous system gives us a better output.”

1. Start with a baseline test

Never tape first. Always test first.

* Pain rating: 0–10
* Range of motion: flexion, extension, rotation, squat, reach
* Functional task: sit-to-stand, step-down, gait, shoulder elevation
* Motor output: MMT, bridge, plank, single-leg stance
* Sensory awareness: “Can you feel where this area is?”
* Confidence: “Does this feel safe or threatening?”

Then apply tape and retest the same measure.

The clinical question is:

Did the tape improve the nervous system output?

2. Decide the purpose of the tape

Before applying, decide what the tape is meant to do.

Use one of these intentions:

* Sensory cue: improve awareness of the body region.
* Movement guide: help the patient feel when they move into a poor or painful pattern.
* Threat reduction: make the area feel safer or more supported.
* Desensitisation: provide gentle, tolerable input to a hypersensitive area.
* Facilitation: improve awareness or activation of an underactive muscle group.
* Inhibition/down-regulation: reduce guarding or excessive protective tone.

This keeps the taping clinically purposeful rather than random.

3. Prepare the skin

Before applying tape:

* Skin should be clean and dry.

* Remove oil, lotion or sweat.

* Trim excess hair if needed.

* Do not tape over broken skin, rash, wounds or infected areas.

* Round the corners of the tape to reduce peeling.

* Rub the tape after application to activate the adhesive.

* Avoid excessive stretch, especially in chronic pain or sensitised patients.

For sensory modulation, you usually need less tension, not more.

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

我々は耐久性と筋力の前にコントロール・安定・バランス
が欲しいことを忘れない。
検査結果から患者の現在の状態を把握する。
より困難なエクササイズに徐々にプログレスさせる。



Remember, we want control/stability/balance BEFORE endurance and strength
Remember meet the patient where they’re at based on examination findings
Remember to progress the patient with more challenging exercises

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

NEURO-MUSCULAR SPINAL REHABILITATION

臀筋 (骨盤スタビライザー)

- 仰臥位
- ブリッジポジション
- ピラテスリングを用いて、膝を外へ（外転）押し出し臀筋をアイソレート（ハムストリングと腰部を抑制）



Gluteal muscles (Pelvic stabilisers)

- Supine
- Bridge position
- Isolate glutes (and inhibit hamstring and lumbar) by using a pilates ring and pushing knees out (abducting) whilst doing bridge



AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM

PAIN & STRESS

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Critical Reviews in Oral Biology & Medicine

The Emotional Brain as a Predictor and Amplifier of Chronic Pain

Journal of Dental Research
2016, Vol. 95(6) 605–612
© International & American Associations for Dental Research 2016
Reprints and permissions:
sagepub.com/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/0022034516638027
jdr.sagepub.com

E. Vachon-Presseau[1], M.V. Centeno[1], W. Ren[1], S.E. Berger[1], P. Tétreault[1], M. Ghantous[1], A. Baria[1], M. Farmer[1], M.N. Baliki[1], T.J. Schnitzer[1], and A.V. Apkarian[1]

THE BRAIN 'LEARNS' TO BE IN PAIN

Abstract

Human neuroimaging studies and complementary animal experiments now identify the gross elements of the brain involved in the chronification of pain. We briefly review these advances in relation to somatic and orofacial persistent pain conditions. First, we emphasize the importance of reverse translational research for understanding chronic pain—that is, the power of deriving hypotheses directly from human brain imaging of clinical conditions that can be invasively and mechanistically studied in animal models. We then review recent findings demonstrating the importance of the emotional brain (i.e., the corticolimbic system) in the modulation of acute pain and in the prediction and amplification of chronic pain, contrasting this evidence with recent findings regarding the role of central sensitization in pain chronification, especially for orofacial pain. We next elaborate on the corticolimbic circuitry and underlying mechanisms that determine the transition to chronic pain. Given this knowledge, we advance a new mechanistic definition of chronic pain and discuss the clinical implications of this new definition as well as novel therapeutic potentials suggested by these advances.

Critical Reviews in Oral Biology & Medicine
慢性疼痛を予測し、増幅する情動脳

E. Vachon-Presseau, M.V. Centeno, W. Ren, S.E. Berger,
P. Tétreault, M. Ghantous, A. Baria, M. Farmer, M.N. Baliki,
T.J. Schnitzer, and A.V. Apkarian

Journal of Dental Research
2016, Vol. 95(6) 605–612

要旨

ヒト神経画像研究および補完的な動物実験により、疼痛の慢性化に関与する脳の主要な構成要素が明らかになりつつある。

本稿では、体性および口腔顔面領域の持続性疼痛状態に関連して、これらの進展を概説する。

まず、慢性疼痛を理解するうえで、リバース・トランスレーショナル研究の重要性を強調する。すなわち、臨床状態にあるヒトの脳画像から直接仮説を導き、それを動物モデルにおいて侵襲的かつ機序的に研究することの力である。

次に、急性疼痛の調節、および慢性疼痛の予測と増幅において、情動脳、すなわち皮質辺縁系が重要であることを示す近年の知見を概説する。

また、このエビデンスを、特に口腔顔面痛における疼痛慢性化に関する中枢性感作の役割についての近年の知見と対比する。

続いて、慢性疼痛への移行を決定する皮質辺縁系回路およびその基盤となるメカニズムについて詳述する。

これらの知見に基づき、慢性疼痛の新たな機序的定義を提示し、この新しい定義の臨床的意義、ならびにこれらの進展から示唆される新たな治療可能性について論じる。

脳は「疼痛状態」を学習する

“Stress has multifaceted effects on pain. On the one hand, it is a powerful inhibitor of nociception and inflammation; on the other hand, it contributes to enhanced pathological states including the establishment and continuation of chronic pain.”

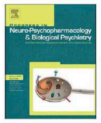


Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry 87 (2018) 216–223

Contents lists available at ScienceDirect

Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/pnp



Effects of stress on the corticolimbic system: implications for chronic pain

Etienne Vachon-Presseau

Department of Physiology, Northwestern University Feinberg School of Medicine, 710 N Lake Shore Drive, Room 1020, Chicago, IL 60611, USA

ARTICLE INFO

Keywords:
Chronic pain
Maladaptive stress response
Hippocampus

ABSTRACT

Stress has multifaceted effects on pain. On the one hand, it is a powerful inhibitor of nociception and inflammation; on the other hand, it contributes to enhanced pathological states including the establishment and continuation of chronic pain. These seemingly paradoxical effects can be better understood by investigating how

「ストレスは疼痛に対して多面的な影響を及ぼす。一方では、侵害受容および炎症を強力に抑制する。他方では、慢性疼痛の成立と持続を含む病的状態の増悪に寄与する。」

論文タイトル：

ストレスが皮質辺縁系に及ぼす影響：慢性疼痛への示唆

Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry
87巻、2018年、216–223

キーワード：

慢性疼痛

不適応的ストレス反応

海馬

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation



Invited Review—Inaugural Issue: RDoC & Beyond

CHRONIC STRESS

Chronic Stress
Volume 1: 1–10
© The Author(s) 2017
DOI: 10.1177/2470547017704763
journals.sagepub.com/home/css
SAGE

Chronic Pain and Chronic Stress: Two Sides of the Same Coin?

Chadi G Abdallah[1,2] and Paul Geha[1,2,3]

Abstract

Pain and stress share significant conceptual and physiological overlaps. Both phenomena challenge the body's homeostasis and necessitate decision-making to help animals adapt to their environment. In addition, chronic stress and chronic pain share a common behavioral model of failure to extinguish negative memories. Yet, they also have discrepancies such that the final brain endophenotype of posttraumatic stress disorder, depression, and chronic pain appears to be different among the three conditions, and the role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis remains unclear in the physiology of pain. Persistence of either stress or pain is maladaptive and could lead to compromised well-being. In this brief review, we highlight the commonalities and differences between chronic stress and chronic pain, while focusing particularly on the central role of the limbic brain. We assess the current attempts in the field to conceptualize and understand chronic pain, within the context of knowledge gained from the stress literature. The limbic brain—including hippocampus, amygdala, and ventromedial prefrontal cortex—plays a critical role in learning. These brain areas integrate incoming nociceptive or stress signals with internal state, and generate learning signals necessary for decision-making. Therefore, the physiological and structural remodeling of this learning circuitry is observed in conditions such as chronic pain, depression, and posttraumatic stress disorder, and is also linked to the risk of onset of these conditions.

慢性疼痛と慢性ストレス：同じコインの表裏か？

Chadi G. Abdallah and Paul Geha
Chronic Stress
Volume 1: 1–10
2017年

要旨

疼痛とストレスは、概念的にも生理学的にも重要な重なりを共有している。
どちらの現象も、身体のホメオスタシスに挑戦を与え、動物が環境に適応するための意思決定を必要とする。
さらに、慢性ストレスと慢性疼痛は、ネガティブな記憶を消去できないという共通の行動モデルを共有している。
しかし一方で、心的外傷後ストレス障害、抑うつ、慢性疼痛における最終的な脳内表現型は、これら3つの状態の間で異なるように見えるなど、相違点も存在する。
また、疼痛の生理において、視床下部—下垂体—副腎軸の役割はまだ明確にされていない。
ストレスまたは疼痛の持続は不適応的であり、健康状態の低下につながる可能性がある。
本レビューでは、慢性ストレスと慢性疼痛の共通点および相違点を取り上げ、特に辺縁系脳の中心的役割に焦点を当てる。
また、ストレス研究から得られた知見を背景として、慢性疼痛を概念化し理解しようとする現在の試みについて評価する。
海馬、扁桃体、腹内側前頭前皮質を含む辺縁系脳は、学習において重要な役割を果たす。
これらの脳領域は、入力される侵害受容信号またはストレス信号を内的状態と統合し、意思決定に必要な学習信号を生成する。
したがって、この学習回路の生理学的および構造的リモデリングは、慢性疼痛、抑うつ、心的外傷後ストレス障害などの状態で認められ、またこれらの状態の発症リスクとも関連している。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

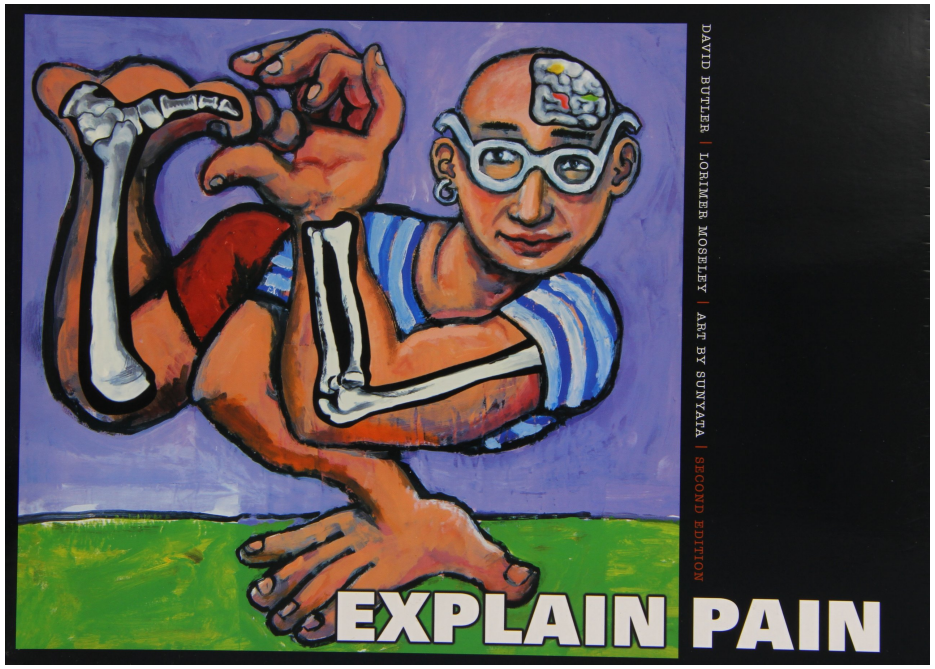
BIOLOGICALLY PLAUSIBLE MECHANISM OF SPINAL DYSFUNCTION
脊椎機能障害の生物学的に妥当なメカニズム

STRESS (emotional, chemical or structural)

"However, if the long muscles are turned on ***(part of fight and flight response)***, the shorter ones, for example the stabilizing muscles between vertebrae, go to sleep – there is no need for them if you are trying to avoid danger."
Potentially contribute to loss of spinal control and movement pattern, and subsequently spinal dysfunction……
(Butler & Moseley, 2003; Explain Pain; page 90)

ストレス

情動的、化学的、または構造的ストレス
「しかし、長い筋群が活性化されると、これは闘争・逃走反応の一部であるが、より短い筋群、たとえば椎骨間の安定化筋は"眠った"状態になる。
危険を回避しようとしている状況では、それらの筋は必要とされないためである。」
その結果、脊椎の運動制御や運動パターンの低下に関与し、最終的に脊椎機能障害へつながる可能性がある。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM 自律神経系

Sympathetic　交感神経系

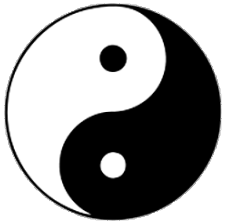
'fight and flight'

- Pupils dilate
- Increased heart rate
- Increase blood pressure
- Relaxes gut smooth muscle
- Blocks urination
- Lung tubes dilate

闘争・逃走反応

瞳孔が散大する。
心拍数が増加する。
血圧が上昇する。
消化管の平滑筋が弛緩する。
排尿が抑制される。
気管支が拡張する。





'rest and digest'

- Pupils constrict
- Decrease heart rate
- Decrease blood pressure
- Stimulates bowel movement
- Increase urination
- Lung tubes constrict

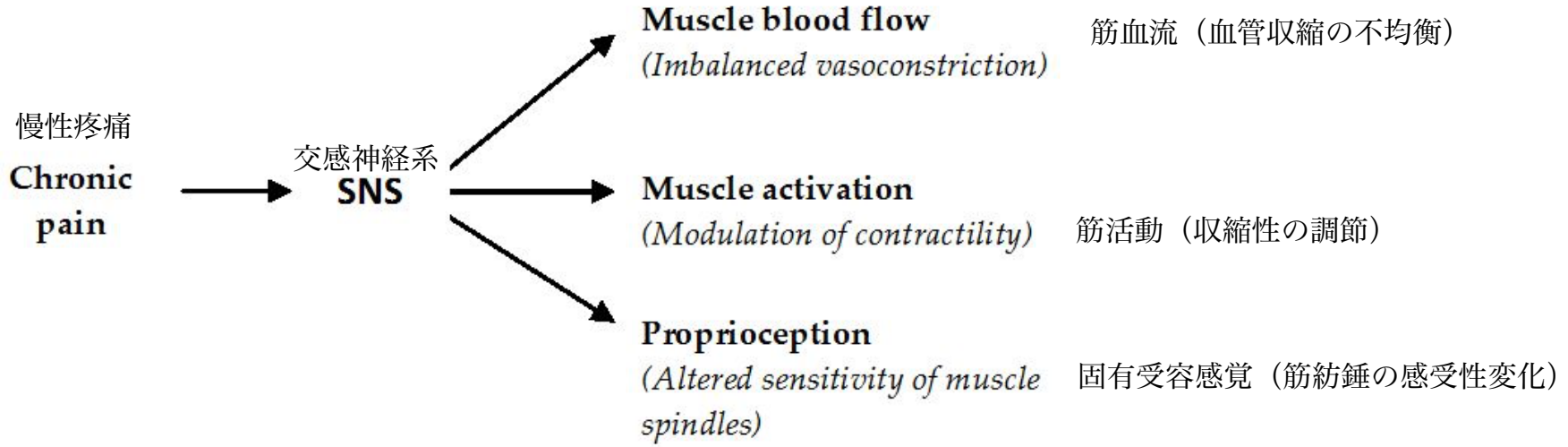
休息・消化反応

瞳孔が収縮する。
心拍数が低下する。
血圧が低下する。
腸管運動が促進される。
排尿が増加する。
気管支が収縮する。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

SYMPATHETIC SYSTEM AND PAIN

Autonomic activity, particularly of its sympathetic division, can modulate muscle function and pain via several mechanisms
自律神経活動、特に交感神経系の活動は、いくつかのメカニズムを介して、筋機能および疼痛を調節し得る。



What testing would you perform?　どのような検査を行うべきか？

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

PARASYMPATHETIC AND PAIN

Low levels of PSNS (or sympathetic dominance)

- Higher stress
- Higher inflammation
- Poor sleep
- Poor nutrition absorption from gut
- Poor blood flow to brain
- More pain!

副交感神経活動の低下

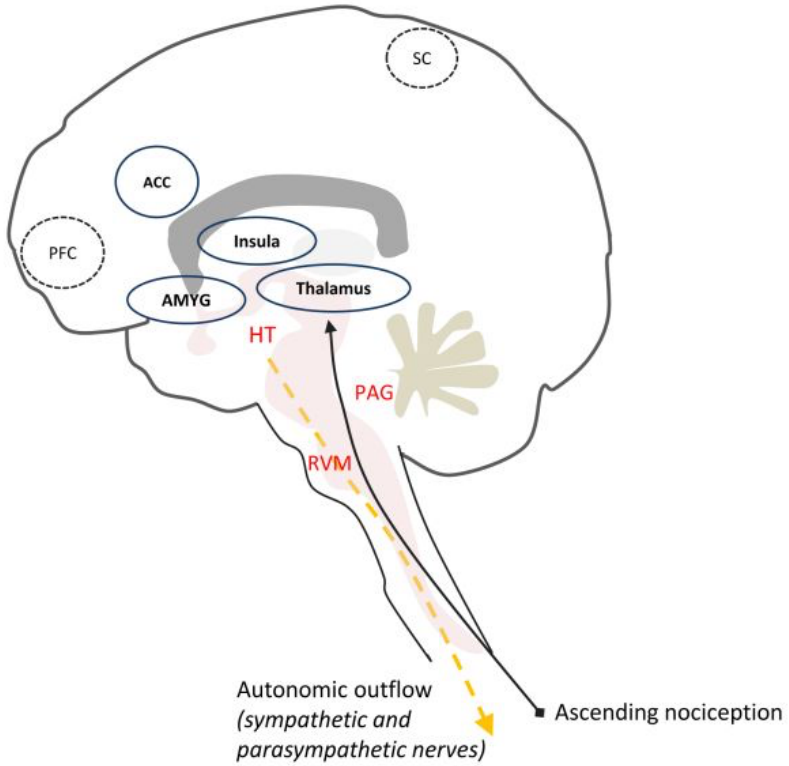
または交感神経優位

- ストレスの増加
- 炎症の増加
- 睡眠の質の低下
- 腸からの栄養吸収の低下
- 脳への血流低下
- 疼痛の増加！



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CONNECTION BETWEEN PAIN AND ANS　疼痛と自律神経系の関連

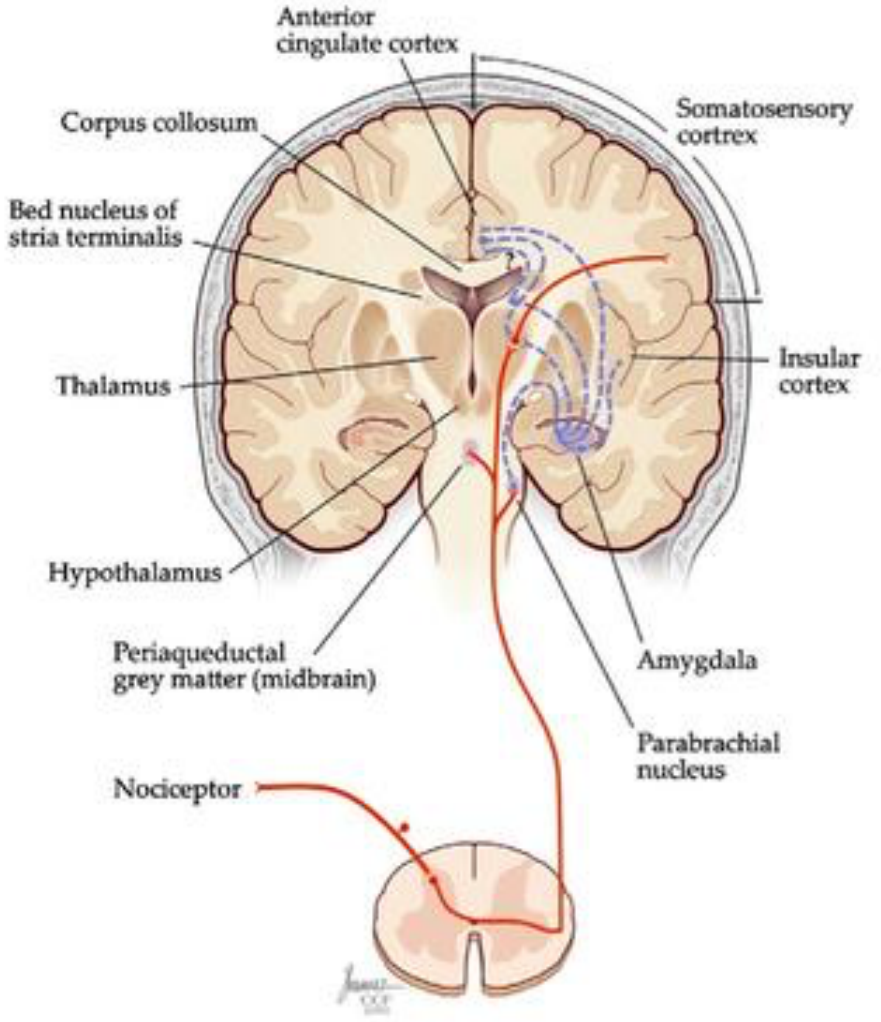


- Studies based on brain imaging techniques show a close anatomical and functional overlap between cortical and sub-cortical structures involved in pain processing and those controlling autonomic regulation.
- These include, the periaqueductal grey matter and rostral ventrolateral medulla located in the brainstem, thalamus, hypothalamus, and insular, anterior cingulate, prefrontal and somatosensory cortices, and the amygdala
- 脳画像技術を用いた研究では、疼痛処理に関与する皮質および皮質下構造と、自律神経調節を制御する構造との間に、解剖学的および機能的な密接な重なりがあることが示されている。
- これらには、脳幹に位置する中脳水道周囲灰白質および延髄吻側腹外側部、視床、視床下部、島皮質、前帯状皮質、前頭前皮質、体性感覚野、そして扁桃体が含まれる。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

EMOTIONS AND PAIN　感情と痛み

- Pain has a strong emotional component. This is manifested centrally via the involvement of the amygdala, which integrates polymodal information from different levels of the pain neuraxis, and attaches emotional significance to nociceptive stimuli.
- In turn, the amygdala projects to the hypothalamus, which is responsible for autonomic and neuroendocrine responses, and to the brainstem areas involved in endogenous pain modulation
- 疼痛には強い情動的要素がある。これは中枢レベルでは扁桃体の関与として現れる。扁桃体は、疼痛神経軸のさまざまなレベルから入る多様式情報を統合し、侵害受容刺激に情動的な意味づけを与える。
- さらに、扁桃体は視床下部へ投射する。視床下部は自律神経反応および神経内分泌反応を担う。また、扁桃体は内因性疼痛調節に関与する脳幹領域へも投射する。

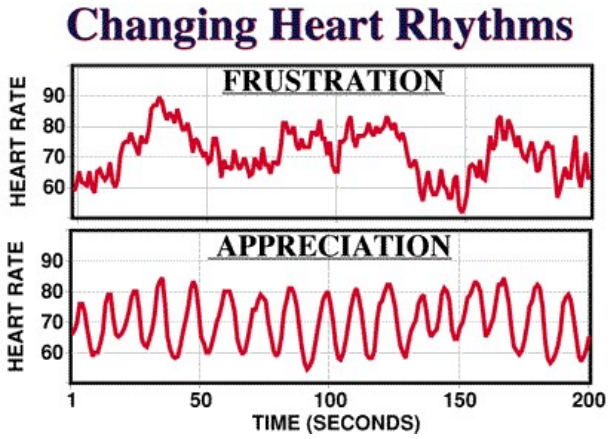


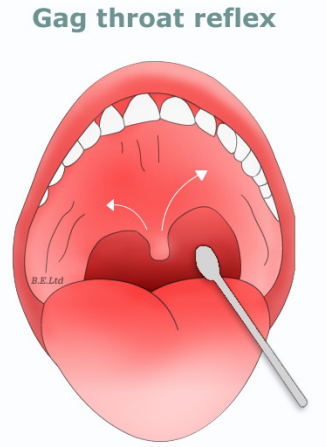
Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

HOW DO WE ASSESS THE ANS?

- History and symptoms
- HRV (heart rate variability)
- Gag reflex
- Other signs autonomic nervous system imbalance
  - Pupil size
  - Retinal vein:artery size
  - BP
  - Skin colour
  - Sweating
  - Vagus nerve

- 病歴および症状
- HRV
  心拍変動
- 咽頭反射
- その他の自律神経系の不均衡を示す徴候
  - 瞳孔径
  - 網膜静脈径：動脈径
  - 血圧
  - 皮膚の色
  - 発汗
  - 迷走神経



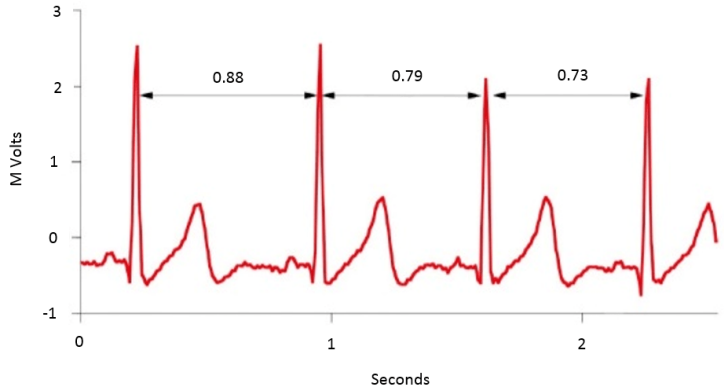




Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

HEART RATE VARIABILITY

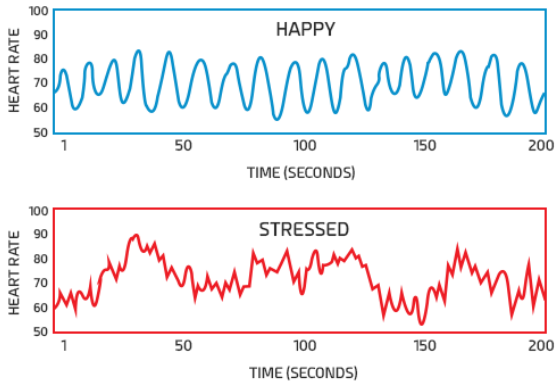
- The most reliable, validated and quantitative measurement of the ANS
- HRV is the physiological phenomenon of variation in the time interval between heartbeats. It is measured by the variation in the beat-to-beat interval.
- 自律神経系を評価するうえで、最も信頼性が高く、妥当性が確認された、定量的な測定指標。
- HRVとは、心拍間隔の時間的変動という生理学的現象である。心拍ごとの間隔、すなわちbeat-to-beat intervalの変動として測定される。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

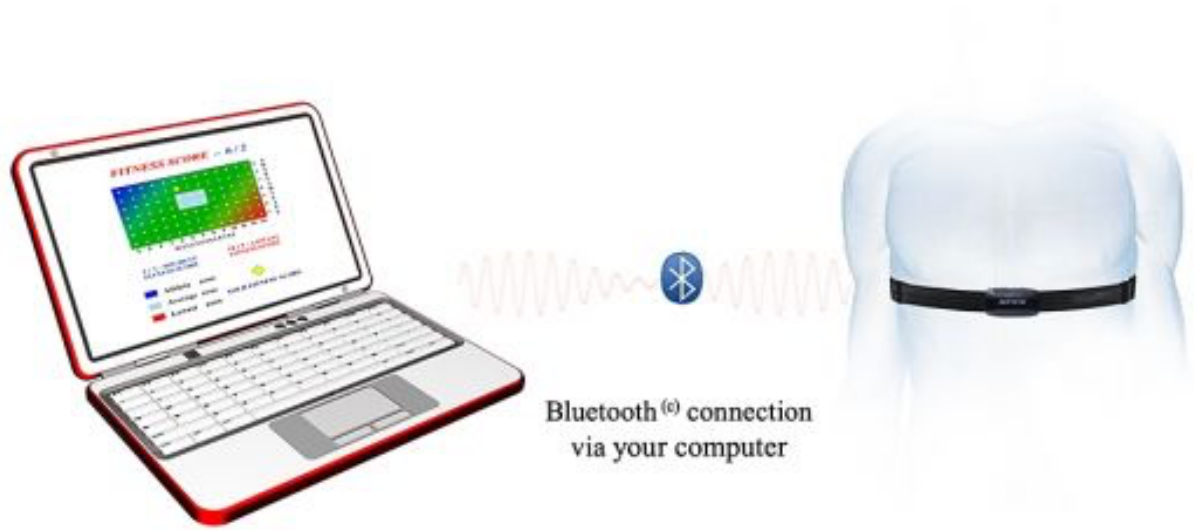
HEART RATE VARIABILITY　心拍変動

- Generally, a low HRV (or less variability in the heart beats) indicates that the body is under stress from exercise, psychological events, or other internal or external stressors.
- Higher HRV (or greater variability between heart beats) usually means that the body has a strong ability to tolerate stress or is strongly recovering from prior accumulated stress
- 一般的に、HRVが低い、すなわち心拍の変動が少ない場合、身体が運動、心理的出来事、またはその他の内的・外的ストレス因子によるストレス下にあることを示す。
- 一方、HRVが高い、すなわち心拍間隔の変動が大きい場合、通常、身体がストレスに耐える能力を十分に持っている、またはそれまでに蓄積したストレスから強く回復していることを意味する。



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

COMPUTERISED HRV



Test

1. Assessment of reaction of the ANS on orthostatic intervention (lying-to-standing test).

2. Assessment of autonomic reaction on Valsalva maneuver followed by deep breathing.

検査

1. 起立負荷に対する自律神経系の反応評価
仰臥位から立位への起立テスト

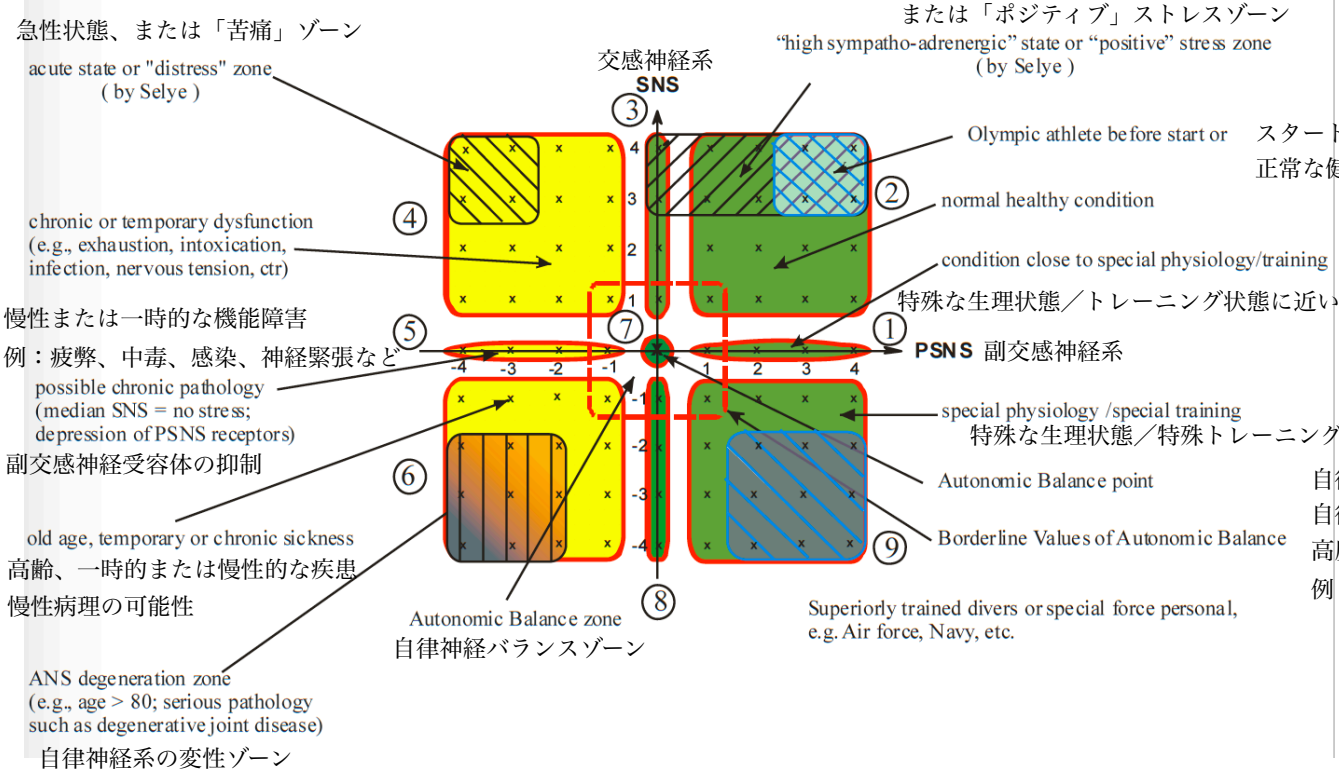
2. バルサルバ手技に対する自律神経反応の評価
その後、深呼吸を行う。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

自律神経状態の生理学的解釈

Physiological Interpretation of ANS States

by Alexander Riftine, Ph.D



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

HRV - CLINICAL IMPLICATIONS　心拍変動：臨床的意義

- Dysautonomia
- POTS – postural orthostatic tachycardia syndrome
- Chronic pain
- Stress
- Guide to case management and protocol
- Mild traumatic brain injury / concussion

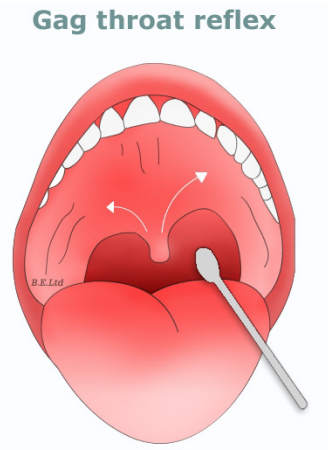
- 自律神経機能障害
- POTS：体位性起立性頻脈症候群
- 慢性疼痛
- ストレス
- 症例マネジメントとプロトコルの指針
- 軽度外傷性脳損傷／脳震盪

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

OTHER ANS TESTING

- Pulse oximetry
- BP
- Gut sounds
- Vagal tone
- PLR
- Pupil size

- パルスオキシメトリー
- 血圧
- 腸音
- 迷走神経トーン
- 対光反射（PLR）
- 瞳孔径







Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

ANS MANAGEMENT

- Vagus nerve exercises
  - Gargling
  - Chewing
- Breathing
- Mediation
- Biofeedback
- Supplements
  - Huperzine, lemon balm, cordyceps
- Brain activation (especially frontal lobe)

- 迷走神経エクササイズ
  - うがい
  - 咀嚼
- 呼吸
- 瞑想
- バイオフィードバック
- サプリメント
  - ヒューペルジン、レモンバーム、冬虫夏草
- 脳の活性化、特に前頭葉





Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

PFC AND ANS FUNCTION (HEART RATE VARIABILITY)

Neuroscience and Biobehavioral Reviews 36 (2012) 747–756

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Neuroscience and Biobehavioral Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/neubiorev



Review

A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health

Julian F. Thayer[a,b,*], Fredrik Åhs[c], Mats Fredrikson[c], John J. Sollers III[d], Tor D. Wager[e]

[a] Department of Psychology, The Ohio State University, Columbus, OH, USA
[b] The Mannheim Institute of Public Health, University of Heidelberg, Mannheim, Germany
[c] Department of Psychology, Uppsala University, Uppsala, Sweden
[d] Department of Psychological Medicine, School of Medicine, University of Auckland, New Zealand
[e] Department of Psychology and Neuroscience, University of Colorado, Boulder, USA

ARTICLE INFO

Article history:
Received 16 May 2011
Received in revised form 9 November 2011
Accepted 30 November 2011

Keywords:
Heart rate variability
Neuroimaging
Stress
Health

ABSTRACT

The intimate connection between the brain and the heart was enunciated by Claude Bernard over 150 years ago. In our neurovisceral integration model we have tried to build on this pioneering work. In the present paper we further elaborate our model and update it with recent results. Specifically, we performed a meta-analysis of recent neuroimaging studies on the relationship between heart rate variability and regional cerebral blood flow. We identified a number of regions, including the amygdala and ventromedial prefrontal cortex, in which significant associations across studies were found. We further propose that the default response to uncertainty is the threat response and may be related to the well known negativity bias. Heart rate variability may provide an index of how strongly 'top–down' appraisals, mediated by cortical–subcortical pathways, shape brainstem activity and autonomic responses in the body. If the default response to uncertainty is the threat response, as we propose here, contextual information represented in 'appraisal' systems may be necessary to overcome this bias during daily life. Thus, HRV may serve as a proxy for 'vertical integration' of the brain mechanisms that guide flexible control over behavior with peripheral physiology, and as such provides an important window into understanding stress and health.

© 2011 Elsevier Ltd. All rights reserved.

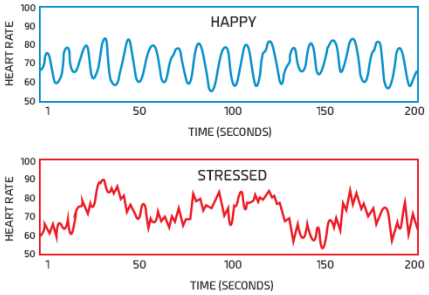
Neuroscience and Biobehavioral Reviews
36巻、2012年、747–756レビュー

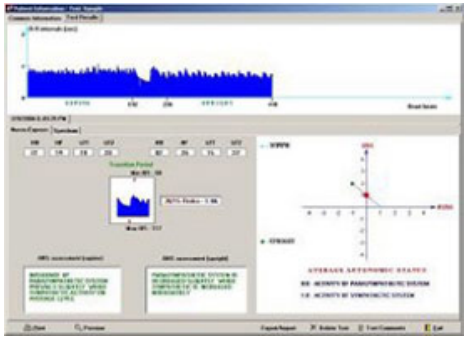
心拍変動と神経画像研究のメタ解析：
ストレスおよび健康のマーカーとしての心拍変動への示唆

Julian F. Thayer, Fredrik Åhs, Mats Fredrikson, John J. Sollers III, Tor D. Wager

要旨

脳と心臓の密接な関連は、150年以上前にClaude Bernardによって示された。
我々の神経内臓統合モデルでは、この先駆的な研究を基盤として発展させることを試みてきた。
本論文では、このモデルをさらに詳述し、近年の知見によって更新する。
具体的には、心拍変動と局所脳血流との関係について、近年の神経画像研究を対象としたメタ解析を行った。
その結果、扁桃体および腹内側前頭前皮質を含む複数の脳領域において、研究間で有意な関連が認められた。
さらに我々は、不確実性に対するデフォルト反応は脅威反応であり、それはよく知られたネガティビティ・バイアスと関連している可能性があると提案する。
心拍変動は、皮質—皮質下経路を介したトップダウンの評価が、脳幹活動および身体の自律神経反応をどの程度強く形成しているかを示す指標となり得る。
もし、不確実性に対するデフォルト反応が、我々がここで提案するように脅威反応であるならば、日常生活の中でこのバイアスを克服するためには、「評価」システムに表象された文脈情報が必要である可能性がある。
したがって、HRVは、行動の柔軟な制御を導く脳メカニズムと末梢生理との「垂直的統合」を示す代理指標として機能し得る。そのため、HRVはストレスと健康を理解するうえで重要な窓となる。





Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Younes et al. Chiropractic & Manual Therapies (2017) 25:33
DOI 10.1186/s12998-017-0167-6

Chiropractic & Manual Therapies

RESEARCH Open Access

Effect of spinal manipulative treatment on cardiovascular autonomic control in patients with acute low back pain

Mohamed Younes[1,2], Karine Nowakowski[3], Benoit Didier-Laurent[3], Michel Gombert[3] and François Cottin[1,2*]

Abstract

Background: This study aimed to quantify the effect of spinal manipulative treatment (SMT) from an analysis of baroreflex, systolic blood pressure and heart rate variability (HRV) on patients with acute back pain. It was hypothesized that SMT would increase the parasympathetic cardiovascular autonomic control.

Methods: Twenty-two patients with acute back pain were randomly divided into two groups: one receiving sham treatment (Sham) and the other receiving SMT. Recordings were completed during the first day and the seventh day, immediately before and after treatment on both days. ECG and systolic blood pressure were continuously recorded to compute cardiovascular variability and baroreflex sensitivity components. The perceived level of pain was measured with the numeric pain scale (NPS) 48 h before, just before and just after each treatment. The NPS ranged from 0 to 100% (peak of pain before treatment). ECG and systolic blood pressure recordings were analyzed in time frequency domain using the Smoothed pseudo Wigner-Ville distribution.

Results: Root mean square of the successive differences, high frequency power of the heart rate variability, and high frequency baroreflex sensitivity differences between post and pre tests were higher in the SMT group than in the Sham group ($p < 0.01$), whereas no differences were observed with the other heart rate variability components. Also, no differences were observed with the systolic blood pressure components. Although the estimated pain scale values decreased over time, no difference was observed between the SMT and Sham groups.

Conclusions: This seems to be the first study to assess the effect of SMT on both heart rate variability and baroreflex sensitivity in patients with acute back pain. SMT can be seen to provoke an increase in parasympathetic control known to relate to a person's healthy state. Thus, cardiovascular variability analysis may be a useful tool for clinicians to quantify and objectify the beneficial effects of spinal manipulation treatment.

Keywords: Baroreflex, Blood pressure, Heart rate, Autonomic nervous system, Back pain, Spinal manipulation, Randomized study, Pain scale

Conclusion
Our results show that SMT shifted the sympathovagal balance towards an increase in the parasympathetic car- diovascular autonomic control in patients suffering from acute back pain. This effect is known to be beneficial to health. Therefore, this cardiovascular analysis (HRV, SBP variability and baroreflex) shows promise as a useful tool for clinicians to quantify and objectively assess the bene- ficial effects of SMT.
Chiropractic & Manual Therapies Younes et al. 2017; 25:33

急性腰痛患者における、脊椎マニピュレーション治療が心血管系の自律神経制御に及ぼす影響

背景：本研究の目的は、急性腰痛患者において、圧受容器反射、収縮期血圧、心拍変動（HRV）の解析を通じて、脊椎マニピュレーション治療（SMT）の効果を定量化することであった。SMTは、心血管系における副交感性自律神経制御を増加させるという仮説が立てられた。
方法：急性腰痛患者22名を、偽治療群とSMT群の2群に無作為に分けた。記録は1日目と7日目に行われ、両日とも治療直前および治療直後に測定された。心電図（ECG）および収縮期血圧は連続的に記録され、心血管系の変動性および圧受容器反射感受性の成分が算出された。疼痛の自覚レベルは、治療48時間前、各治療の直前および直後に、数値疼痛スケール（NPS）で測定された。NPSは0～100％で評価され、治療前の疼痛ピークを基準とした。ECGおよび収縮期血圧の記録は、Smoothed pseudo Wigner-Ville分布を用いて時間周波数領域で解析された。
結果：連続差の二乗平均平方根、心拍変動の高周波成分、および高周波圧受容器反射感受性の治療前後差は、偽治療群よりもSMT群で高かった。一方で、その他の心拍変動成分には差が認められなかった。また、収縮期血圧成分にも差は認められなかった。
推定疼痛スケール値は時間経過とともに低下したが、SMT群と偽治療群の間に差は認められなかった。
結論：本研究は、急性腰痛患者において、SMTが心拍変動と圧受容器反射感受性の両方に及ぼす影響を評価した初めての研究であると考えられる。SMTは、健康状態と関連することが知られている副交感神経制御の増加を引き起こすものと考えられる。
したがって、心血管系変動性の解析は、臨床家が脊椎マニピュレーション治療の有益な効果を定量化し、客観化するための有用なツールとなり得る。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

Pain. 2016 Jan;157(1):7-29. doi: 10.1097/j.pain.0000000000000360.

Meta-analytic evidence for decreased heart rate variability in chronic pain implicating parasympathetic nervous system dysregulation.

Tracy LM[1], Ioannou L, Baker KS, Gibson SJ, Georgiou-Karistianis N, Giummarra MJ.

Author information

1 aSchool of Psychological Sciences and Monash Institute of Cognitive and Clinical Neurosciences, Monash University, Clayton, Australia bCaulfield Pain Management and Research Centre, Caulfield Hospital, Caulfield, Australia cNational Aging Research Institute, Parkville, Australia.

Abstract

Both sympathetic and parasympathetic nervous systems are involved in regulating pain states. The activity of these systems seems to become disturbed in states of chronic pain. This disruption in autonomic balance can be measured through the assessment of heart rate variability (HRV), that is, the variability of the interval between consecutive heart beats. However, there is yet to be a systematic evaluation of the body of literature concerning HRV across several chronic pain conditions. Moreover, modern meta-analytical techniques have never been used to validate and consolidate the extent to which HRV may be decreased in chronic pain. Following the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) statement guidelines, this study systematically evaluated and critically appraised the literature concerning HRV in people living with chronic pain. After screening 17,350 sources, 51 studies evaluating HRV in a chronic pain group met the inclusion criteria. Twenty-six moderate-high quality studies were included in quantitative meta-analyses. On average, the quality of studies was moderate. There were 6 frequency-domain and time-domain measures of HRV across a broad range of chronic pain conditions. High heterogeneity aside, pooled results from the meta-analyses reflected a consistent, moderate-to-large effect of decreased high-frequency HRV in chronic pain, implicating a decrease in parasympathetic activation. These effects were heavily influenced by fibromyalgia studies. Future research would benefit from wider use of standardised definitions of measurement, and also investigating the synergistic changes in pain state and HRV throughout the development and implementation of mechanism-based treatments for chronic pain.

Pain
2016年1月；157巻1号：7–29

慢性疼痛における心拍変動の低下を示すメタ解析的エビデンス：副交感神経系の調節障害の関与

要旨:交感神経系および副交感神経系の両方が、疼痛状態の調節に関与している。
これらの神経系の活動は、慢性疼痛状態では障害されるようにみえる。
この自律神経バランスの破綻は、心拍変動（HRV）の評価によって測定することができる。HRVとは、連続する心拍間隔の変動性を指す。しかし、複数の慢性疼痛疾患におけるHRVに関する文献全体を、体系的に評価した研究はまだ十分ではない。さらに、慢性疼痛においてHRVがどの程度低下する可能性があるかを検証し統合するために、現代的なメタ解析手法が用いられたことはなかった。
本研究では、システマティックレビューおよびメタ解析のための優先報告項目であるPRISMA声明のガイドラインに従い、慢性疼痛を有する人々におけるHRVに関する文献を体系的に評価し、批判的に検討した。17,350件の文献をスクリーニングした結果、慢性疼痛群におけるHRVを評価した51件の研究が組み入れ基準を満たした。そのうち、中等度から高品質の26件の研究が、定量的メタ解析に含まれた。全体として、研究の質は中等度であった。広範な慢性疼痛疾患にわたり、HRVの周波数領域および時間領域の6つの指標が検討された。高い異質性は認められたものの、メタ解析による統合結果は、慢性疼痛において高周波成分HRVが一貫して中等度から大きく低下していることを示した。
これは、副交感神経活動の低下を示唆している。これらの効果は、線維筋痛症に関する研究の影響を大きく受けていた。今後の研究では、測定定義の標準化をより広く用いること、さらに慢性疼痛に対する機序ベースの治療を開発・実施していく過程において、疼痛状態とHRVの相乗的変化を検討することが有益である。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

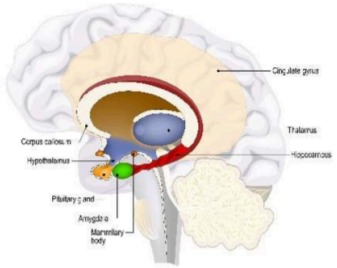
HRV SUMMARY HRVの要約

- HRV correlates with yourself-reported health level
- HRV correlate swith your ability toregulate youre motions
- HRV correlates with regulation of immune and physiological activities
- HRV is a measure of ‘vagal tone’ (the vagus nervef unction)
- The vagus nerve is the parasympathetic NS (the healing component)
- HRV correlates with PFC activity, meaning it correlates with your PNS function (your healing functions of the body), regulation of emotions, relates to self-reported measures of health, relates to regulation of immune and physiological function
- SMT affect the PFC!!
- SMT affects HRV (parasympathetic response)!!

- HRVは、自己申告による健康レベルと相関する。
- HRVは、感情を調節する能力と相関する。
- HRVは、免疫機能および生理機能の調節と相関する。
- HRVは「迷走神経トーン」、すなわち迷走神経機能の指標である。
- 迷走神経は副交感神経系に関与しており、身体の回復・治癒機能を担う重要な要素である。
- HRVは前頭前皮質（PFC）の活動と相関する。
- つまり、HRVは副交感神経系の機能、身体の回復機能、感情調節、自己申告による健康指標、免疫機能および生理機能の調節と関連している。
- 脊椎マニピュレーション治療（SMT）は、前頭前皮質（PFC）に影響を与える。
- SMTはHRV、すなわち副交感神経反応に影響を与える。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

HOW TO EXPLAIN THE ROLE OF THE PFC AND PAIN TO PATIENTS





- Make a fist
- Explain the wrist is the brain stem (controls breathing, heart rate, etc)
- The hidden thumb is the ‘emotional’ limbic brain (no reasoning, not time, no words)
- The four fingers covering the limbic brain are your prefrontal cortex (reasoning, calming)

握りこぶしを作る。
手首は脳幹であると説明する。
脳幹は、呼吸、心拍数などを制御している。
隠れている親指は、「情動的な」辺縁系脳である。
ここには、論理的思考、時間感覚、言葉はない。
辺縁系脳を覆っている4本の指は、前頭前皮質である。
前頭前皮質は、理性や鎮静に関与する。



- When a stressor occurs our prefrontal cortex (the four fingers) gets disengaged
- Lift your four fingers up
- Without the inhibition from the prefrontal cortex we go into our limbic ‘emotional’ brain
- Now we become irrational, emotional, angry, sad
- Here we have no reasoning and time does not exist so no point in trying to ‘talk’ or ‘reason’ with someone who is operating in this place

ストレス因子が生じると、前頭前皮質、すなわち4本の指が機能的に外れる。
4本の指を持ち上げる。
前頭前皮質からの抑制がなくなると、私たちは辺縁系の「情動脳」に入る。
その結果、非理性的、情動的、怒り、悲しみといった状態になりやすくなる。
この状態では、論理的思考は働かず、時間感覚も存在しない。
したがって、この状態で反応している人に対して、「話し合おう」「理屈で説明しよう」としても、あまり意味がない。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CRPS – WHAT HAPPENS
複合性局所疼痛症候群

Possible contributors include
- peripheral and central sensitization
- autonomic changes and
- sympatho-afferent coupling,
- inflammatory and immune alterations,
- brain changes (cortical remodeling),
- genetic and psychological factors.

関与する可能性のある要因には、以下が含まれる。
- 末梢性感作および中枢性感作
- 自律神経系の変化
- 交感神経—求心性神経のカップリング
- 炎症および免疫系の変化
- 脳の変化,すなわち皮質リモデリング
- 遺伝的因子および心理的因子

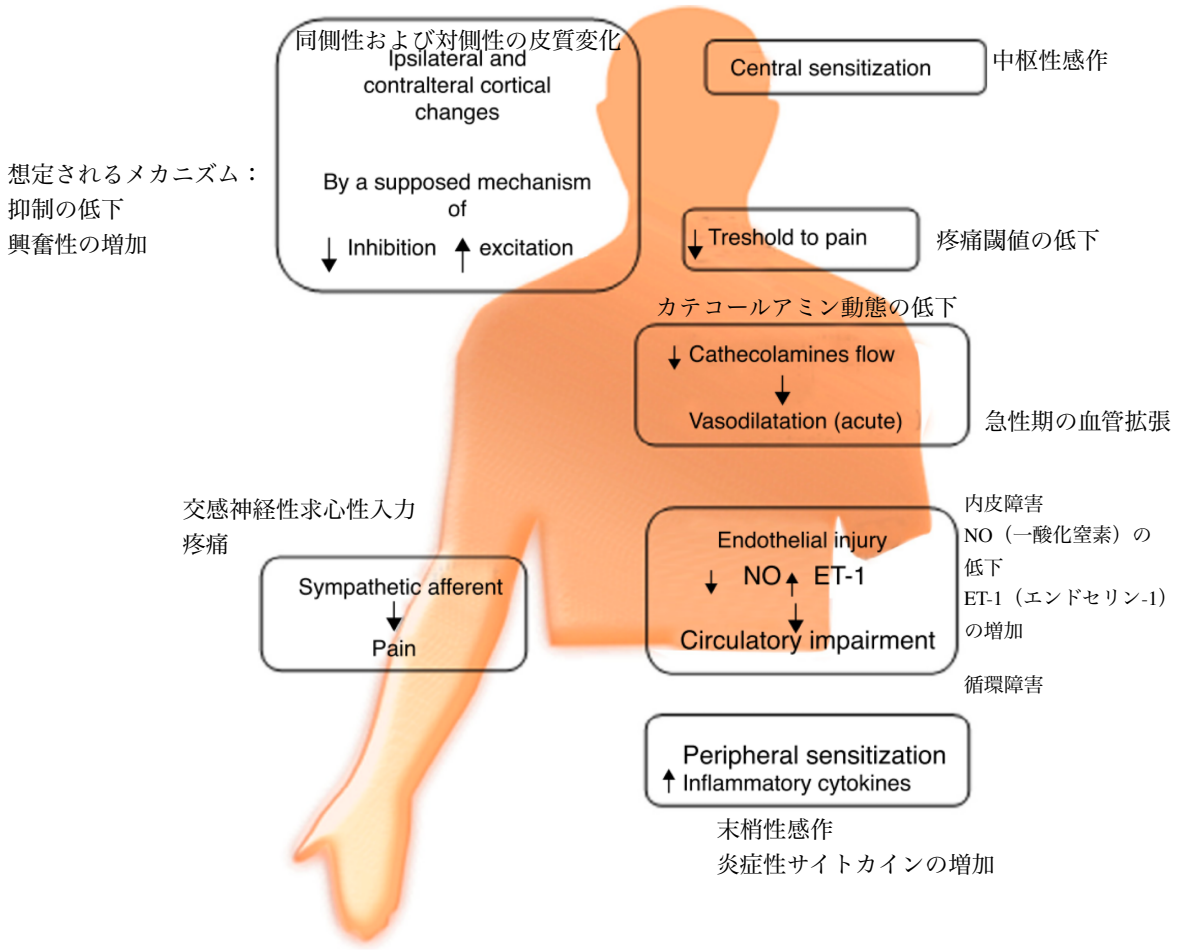


Figure 1 Clinical manifestations of CRPS and pathophysiological mechanisms proposed to each.
図1CRPSの臨床症状と、それぞれに提案されている病態生理学的メカニズム

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CRPS -DIAGNOSIS

Not one single test!!

Its diagnosed via

- History
- Signs and symptoms
- Physical exam

CRPS：診断

単一の検査だけで診断できるものではない。

診断は以下に基づいて行う。

病歴

徴候および症状

身体検査



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CRPS -DIAGNOSIS

1. Continuing pain which is disproportionate to any inciting event.
2. Must report at least one symptom in each of the four following categories:
   - Sensory: report to hyperesthesia
   - Vasomotor: reports of temperature a asymmetry and/or skin color changes and/or sweating asymmetry
   - Sudomotor/edema: reports of edema and/or sweating changes and/or sweating asymmetry
   - Motor/trophic: reports of decreased range of motion and/or motor dysfunction (weakness, tremor, dystonia) and/or trophic changes (hair, nail, skin)
3. Must display at least one sign in two or more of the following categories:
   - Sensory: evidence of hyperalgesia (to pinprick) and/or allodynia (to light touch)
   - Vasomotor: evidence of temperature asymmetry and/or skin color changes and/or asymmetry
   - Sudomotor/edema: evidence of edema and/or sweating changes and/or sweating asymmetry
   - Motor/trophic: evidence of decreased ROM and/or motor dysfunction (weakness, tremor, dystonia) and/or trophic changes (hair, nail, skin)
4. There must be no other diagnosis that better explains the signs and symptoms.

1. CRPS：診断
2. 誘因となる出来事に対して不釣り合いな、持続する疼痛がある。
   - 以下の4つのカテゴリーすべてにおいて、少なくとも1つの症状を報告している必要がある。
   - 感覚：
     感覚過敏を報告する。
   - 血管運動：
     皮膚温の左右差、および／または皮膚色の変化、および／または発汗の左右差を報告する。
   - 発汗運動／浮腫：
     浮腫、および／または発汗の変化、および／または発汗の左右差を報告する。
   - 運動／栄養障害：
     関節可動域の低下、および／または運動機能障害、すなわち筋力低下、振戦、ジストニア、および／または栄養障害性変化、すなわち毛髪、爪、皮膚の変化を報告する。
3. 以下のカテゴリーのうち、2つ以上において、少なくとも1つの徴候を示している必要がある。
   - 感覚：
     ピンプリック刺激に対する痛覚過敏、および／または軽い触刺激に対するアロディニアの所見がある。
   - 血管運動：
     皮膚温の左右差、および／または皮膚色の変化、および／または左右差の所見がある。
   - 発汗運動／浮腫：
     浮腫、および／または発汗の変化、および／または発汗の左右差の所見がある。
   - 運動／栄養障害：
     関節可動域の低下、および／または運動機能障害、すなわち筋力低下、振戦、ジストニア、および／または栄養障害性変化、すなわち毛髪、爪、皮膚の変化の所見がある。
4. これらの徴候および症状をより適切に説明できる、他の診断が存在してはならない。

Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CRPS –SIGNS AND SYMPTOMS





Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CRPS - TESTING

- Autonomic test
  - PLR
  - Vein:artery testing
  - HRV
  - BP
- Sensory discrimination
- Cortical remodeling
- Pain sensitivity (algometer)
- Cortisol/stress test

- 自律神経検査
  - 対光反射（PLR）
  - 静脈径：動脈径の評価
  - HRV 心拍変動
  - 血圧
- 感覚識別
- 皮質リモデリング
- 疼痛感受性 アルゴメーター
- コルチゾール／ストレス検査



Copyright 2022. Brain Hub Academia ~ Vestibular Neuro-Rehabilitation

CRPS 複合性局所疼痛症候群

- Medication (anti-inflammatories, pain medication, anti-depressants)
- Nutritional – herbal, anti-inflammatory
- Mirror-box
- Sensory retraining (2 point and localisation)
- Proprioception (gentle and NOT pain-provoking)
- Psychological
- Autonomic – vagal nerve, breathing

- 薬物療法(抗炎症薬、鎮痛薬、抗うつ薬)
- 栄養療法-ハーブ、抗炎症アプローチ
- ミラーボックス
- 感覚再トレーニング-2点識別および位置特定
- 固有受容感覚-穏やかに行い、疼痛を誘発しないこと
- 心理的アプローチ
- 自律神経アプローチ -迷走神経、呼吸


Thank you