

痛みと自己と身体

～運動器疾患への運動療法と疼痛神経機構から示唆される知の身体性～

跡見 友章^{*1}
Tomoaki Atomi廣瀬 昇^{*1}
Noboru Hirose^{*1} 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学科

Teikyo University of Science, Faculty of Medical Science, Department of Physical Therapy

清水 美穂^{*2}
Miho Shimizu跡見 順子^{*2}
Yoriko Atomi^{*2} 東京大学 セルツ-ボディダイナミクスラボ

The University of Tokyo, Cell 2 Body Dynamics Laboratory

ヒトの行動変容に影響する因子である疼痛に関する脳領域 (pain matrix) には、情動や自発的行動に関与する島、前帯状皮質といった領域が含まれる。従って、ヒトの自意識が疼痛の慢性化により変容することが示唆される。一方、慢性疼痛を生じさせる一因となる身体組織の退行性変性は、身体運動が組織に与える力学的ストレスに起因すると考えられる。今回は運動に介入し疼痛の制御に成功した例を通じ、知、意識の身体性について検討する。

1. 疼痛関連脳領域

疼痛には様々な種類があるが、時系列的分類においては、外傷による組織損傷直後等、明確な受傷機転の元に生じる急性疼痛と、疼痛の発生要因を時期的に特定することが困難な慢性疼痛に分類が可能である。中でも、長期間にわたり生じる慢性疼痛は、ヒトの行動変容に影響すると考えられる。

Baliki (2006) らは、慢性腰痛 (CBP: Chronic Back Pain) 患者において、自発的に生じる疼痛変動時の脳活動を計測し、痛みの強さに応じて活動する脳領域として、内側前頭前野 (mPFC: Medial Prefrontal Cortex) を挙げ、自己意識との関係性について言及している。また、Apkarian (2005) らは、疼痛に関連する脳領域について、脳機能イメージングを用いた研究におけるメタアナリシスを行い、その結果、視床 (Thalamus)、島皮質 (Insular cortex)、前帯状皮質 (ACC: Anterior Cingulate Cortex)、二次体性感覚野 (SII: Secondary Somatosensory Area) といった脳領域が疼痛に関係することを示した。これらの脳領域は、疼痛関連領域 (Pain matrix) とされ、大脳皮質及び皮質下における疼痛の知覚と調整に関わる領域として知られている (Fig.1)。前帯状皮質や島皮質は、意志の発現に関する重要な領域であることが示唆されており (Haggard, 2008)、また島皮質は自律神経系、内臓感覚、平衡感覚等様々な末梢感覚受容器由来の身体情報が収斂する領域と考えられている。この島領域は情動とも深く関連し、右の島領域が不安などの負の情動と関連することで知られ (Craig, 2002)、また高次の体性感覚処理領域である二次体性感覚野とも密接な神経連絡を有している。これらの領域はヒトの身体性に関して重要な役割を果たしていると考えられる。

この Pain matrix には、ヒトの環境適応能や自己認知に関する領域 (Flemming, 2010) として考えられている(前)前頭葉

(aPFC: Anterior Prefrontal Cortex) も含まれており、慢性的に生じる疼痛が自己認知や行動に影響を与えることが示唆される。

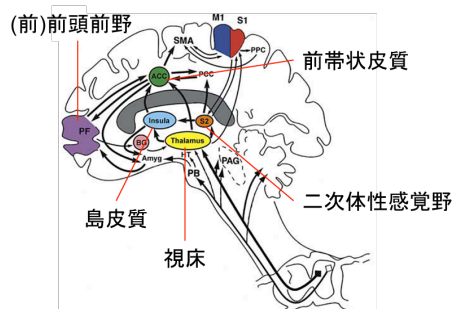


Figure.1 疼痛関連脳領域 (Pain matrix)
Apkarian et al. 2005 より一部抜粋、改変

2. 変形性膝関節症の要因と恐怖回避思考

慢性疼痛が生じる代表的な病態として、変形性膝関節症 (膝 OA: Knee Osteoarthritis) が挙げられる。膝 OA は高齢の女性に多く、膝関節組織において不可逆的変性や疼痛を生じさせ、関節構造の変化と機能障害を引き起こす。原因については特定されていないが、加齢や体重の増加等が要因と考えられている。膝関節に生じる疼痛は内側が多く、起立動作や歩行動作等、下肢に荷重がかかる場面で増悪する。また Hurwitz (2002) らは膝 OA の歩行動作において膝関節に生じる内反モーメントの増大と重症度の関係について言及している。

山崎 (1997) は、小さな足部上に長い身体を乗せた上で重心制御を行うヒト特有の二足立位・歩行の不安定性と、整形外科的疾患との関係について触れ、膝関節の障害に対し、骨盤、体幹、頭部等の多分節が連動して機能する身体各部の連動システムの破綻という視点の必要性を述べている。従って、膝 OA の病態は、局所的には組織の退行性変性による膝関節の機能障害と捉えられ、また全体的には、ヒトの二足での立位・歩行に

起因する重力環境下での抗重力制御システムの破綻と捉えることが可能である。

一方膝 OA 患者の慢性疼痛時の脳活動について、Baliki (2008) らは、膝 OA と診断され、慢性的な疼痛を訴える患者の脳活動を計測した。その結果、視床、島皮質、前帯状皮質、二次体性感覚野といった脳領域が疼痛に応じて活動することを示した。加えて Scorpaz (2009) らは、膝 OA 患者の主観的な機能低下と恐怖回避思考 (Fear-avoidance beliefs) との関係性を示している。従って膝に生じる器質的変性を伴う疼痛の慢性化が、ヒトの認知や行動の変容を生じさせることが示唆される。

以上より、膝 OA をヒト特有の二足歩行形態における身体制御システムの破綻と捉え、歩行や起立動作等の荷重場面における身体運動の連動性を操作することで疼痛の軽減を図ることにより、膝 OA 患者の認知及び自己意識の変容を促すことが可能になると考えられる。

3. 変形性膝関節症への運動療法

膝 OA に対しては種々の運動療法がある。理学療法では、局所的な膝関節機能に着目した筋力強化訓練や関節可動域訓練に加え、身体を構成する体節である頭部・体幹・骨盤・上肢・下肢等が連動するシステムとして捉え、運動を遂行する中で動作のパターンを変化させていく方法論が有効な場合が多い。

膝関節内側部に荷重時痛を生じる患者の場合は、起立動作や歩行時において、床反力の鉛直方向の成分が大きくなる場面での各体節に生じる運動方向を操作し、膝関節における荷重のパターンを変化させるよう、運動療法を実施する。つまり下肢の体節を大きく大腿部・下腿部・足部に分類し、荷重が生じるタイミングにおいて、それぞれを疼痛が生じている状態と反対方向に回転させることで、疼痛を回避した荷重を可能にする (Fig.2)。例えばイス坐位姿勢からの起立動作においては、臀部が離床した直後のタイミングが、床反力の鉛直方向への成分が最大となる (Etnyre et al., 2007)。従って、運動療法においては、臀部離床のタイミングにおいて、各体節の位置関係と運動方向をどのように誘導するかが重要となる。

Fig 3 に、左膝の内側に疼痛が生じた場合に、各体節の回転を操作した場合を示す。この場合、骨盤には主として時計回り方向への回転運動を誘導し、疼痛側の大腿部及び下腿部に生じる回転を変化させた状態で荷重を行うように操作する。実際の臨床では、それぞれの体節部の運動の誘導を行う場合、例えば股関節は球関節として 3 軸の運動方向を有する等、近接する関節の形状への影響を考慮して実施する。

これらの手段は、疼痛を増悪させる運動パターンの改善を可能にし、さらにそれを患者自身が能動的・自主的に行うことで、疼痛の軽減のみならず、生活範囲の拡大や積極性の向上等、行動や意識の変容が促される場面を臨床では多く経験する。

痛みと自己と身体

疼痛における関連脳領域は、それぞれヒトの身体性、自己認知等に重要な役割を果たすとされる領域で構成されている。これは疼痛がヒトの知性や意識に変容を促す要素となっていることを示唆するのみならず、疼痛の制御系がヒト特有の環境適応戦略における神経基盤と重なっている可能性を示唆する。

一方で、ヒトはその立位や歩行動作において、多分節である身体を、二足による形態的に不安定な状態で制御している。このため体節の位置関係における僅かな偏倚は、他の体節に連動して偏倚や補正を生じさせ、身体全体に影響を与え、その破綻は組織の変性を促し、疼痛というサインを意識に送る。

疼痛は末梢の組織に生じる損傷や変性を、電気信号に変換して制御系を修飾するシステムと捉えられる。すなわちそのシステムは、ヒトの生存戦略と密接な関係性を有していると考えられる。従って、ヒトの生存戦略における疼痛の果たす役割について、身体の連動するシステムという側面から捉えることで、ヒト特有の社会性や自己意識、さらにはヒトの知性を神経機構として捉えられる可能性が示唆される。

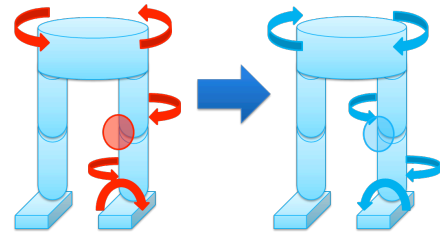


Figure 2 立位荷重時における身体操作
赤丸は疼痛部位を表す

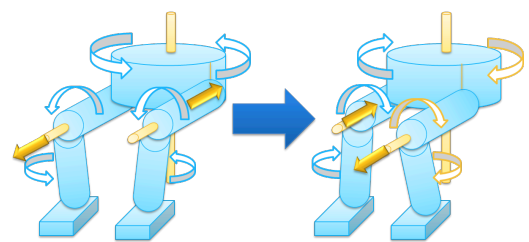


Figure 3 起立動作における身体操作

参考文献

- Baliki MN. et al. Chronic Pain and the Emotional Brain: Specific Brain Activity Associated with Spontaneous Fluctuations of Intensity of Chronic Back Pain. *The Journal of Neuroscience*, 26(47): 12165–12173, 2006.
- Apkarian V et al. Human brain mechanisms of pain perception and regulation in health and disease. *European Journal of Pain*, 9: 463–484, 2005.
- Craig AD. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, 3: 655–666, 2002.
- Haggard P. Human volition: towards a neuroscience of will. *Nature Reviews Neuroscience*, 9: 934–946, 2008.
- Stephen M et al. Fleming. Relating Introspective Accuracy to Individual Differences in Brain Structure. *Science*, Vol. 329 no. 5998: 1541–1543, 2010.
- 山寄勉編. 整形外科理学療法の理論と技術, メジカルビュー, 2-9, 1997.
- Hurwitz DE et al. The knee adduction moment during gait in subjects with knee osteoarthritis is more closely correlated with static alignment than radiographic disease severity, toe out angle and pain. *Journal of Orthopaedic Research*, 20: 101–107, 2002.
- Baliki MN et al. A preliminary fMRI study of analgesic treatment in chronic back pain and knee osteoarthritis. *Molecular Pain*, 4:47, 2008.
- Scopaz KA et al. Relationships of fear, anxiety, and depression with physical function in patients with knee osteoarthritis. *ArchPhys Med Rehabil*, 90:1866–73, 2009.
- Etnyre B et al. Event standardization of sit-to-stand movements. *Phys Ther*. 87:1651–1666, 2007.