

人文社会系

ヒトにおける上・下肢リズム運動の発生機序の解明とその応用

教育学部身体・スポーツ教育講座・教授

小宮山 伴与志



【研究の背景】

歩行や走運動などの移動行動は、日常生活のみならずスポーツ活動等の根幹をなす非常に重要な運動行動の一つです。これら移動行動の大きな特徴の一つは上肢と下肢のリズミックな協調運動にあります。100年以上にわたる実験動物を対象とした研究によって、これらの移動行動の運動パターン発生の基礎となる神経機構が脳幹や脊髄に存在することが明らかにされています。特に、脊髄に存在する歩行パターン発生に関与する神経機構は **central pattern generator (CPG)** と呼ばれています。我々の研究グループでは、ヒトにおける CPG の機序を研究することにより、新たなスポーツトレーニング方法の開発等につながる可能性があると考え研究を行って来ました。

【研究の成果】

ヒトで CPG の動態を観察する手段の一つとして皮膚反射があげられます。皮膚反射とは、皮膚に対する接触や圧などの機械的な刺激により誘発される素早い反射です。これまでに、皮膚反射を作り出すニューラルネットワークは、CPG の強い影響下にあることが証明されています。そこで、我々は、カナダの研究グループと協力して、下肢の皮膚反射を歩行運動中に誘発し、その動態を観察することにしました。その結果、皮膚反射の出力は、歩行運動の位相によって大きく変化すること、また、その変化は、立位中の静的な運動時とは全く異なることを明らかにしました (Zehr et al., 1997, 1998)。これらの結果は、歩行運動時の皮膚反射の変化は、意図的な運動制御系による調節とは

異なり、CPG によって調節されていることを強く示唆します (Komiya et al., 2000)。近年我々は、下肢だけではなく上肢のリズミックな運動遂行時にも CPG が機能発現すること、さらに上肢と下肢をリズミックに運動すると、上・下肢の CPG は相互作用するという知見を得ております (Sakamoto et al., 2007)。さらに、これらの研究成果を応用し、脊髄損傷による運動傷害を持つ人々のリハビリテーション手段として期待されている受動歩行装置を用い、ヒトにおける CPG の機能発現について検討を行いました。その結果、体重を完全に免荷した受動歩行では皮膚反射は変化しないこと、すなわち CPG は駆動されないことが明らかになりました (Nakajima et al., 2008)。実際には、体重の 30% 程度の負荷が下肢にかからないと CPG が駆動しないようです。これらの知見は、脊髄損傷等による運動傷害のリハビリテーションでは、下肢の負荷感受性受容器を活性化することが非常に重要であることを示しています。

【今後の展望】

これまでに我々が得た知見は、CPG 機能全体から見ればほんの一側面に過ぎません。今後は、様々な律動運動時の上下肢の CPG の独立機能ならびに相互作用をさらに詳細に電気生理学的な方法を駆使して解明するとともに、それらの研究成果を踏まえたスポーツトレーニング手段や四肢の運動障害に対するリハビリテーションプログラムの開発につなげて行きたいと考えております。

【支援を受けた科研費等】

- ・ 平成 17～18 年度 基盤研究 (C) : 上・下肢によるペダリング運動の調節機序とその学習効果
- ・ 平成 19～21 年度 基盤研究 (C) : 四肢による協調運動の文脈依存性とその仕組みの解明

【備考欄】

- (1) Nakajima, T. et al., Load-related modulation of cutaneous reflexes in the tibialis anterior muscle during passive walking in humans. *Eur J Neurosci.* 27(6):1566-1576, 2008.
- (2) Sakamoto et al., Voluntary changes in leg cadence modulate arm cadence during simultaneous arm and leg cycling. *Exp Brain Res.* 176(1):188-192, 2007.