

し、これまでの結果から考えられる機能代償機構を説明してみる。

まず、健常な状態では一次運動野 (M1) から上肢筋運動ニューロンへの直接経路や一部 C3-C4PN を介する間接経路などがはたらいて運動を遂行している。しかし、PNの経路には抑制機構もはたらいている。また、小児ではしばしば鏡像運動が観察されるが発達過程で消失することなどから、同側の一次運動野からの間接的な経路も想定されるが、この経路は通常は抑制されていると考えられる。ところが、一次運動野から MN への直接経路が遮断されるとまずは抑制を減弱させ、PN を介する経路を最大限活用する、ないしは同側の一次運動野からの経路などの助けも借りて運動を遂行しようとする。それで次第に機能回復が図られるが、このように同側の経路をいつまでも使い続けることは鏡像運動も伴ったりするので必ずしもよいことではない。したがって、回復過程が安定し、神経回路が可塑性などで再編されて同側の一次運動野の活動領域の拡大、あるいは運動前野を使う回路が再編されてくると、今度はそちらにより強く依存するようになり、同側一次運動野は再び使用されなくなる、ということであろうか。このような説明であれば、たとえば同側の一次運動野が活動している患者では機能回復が遅いということも、症

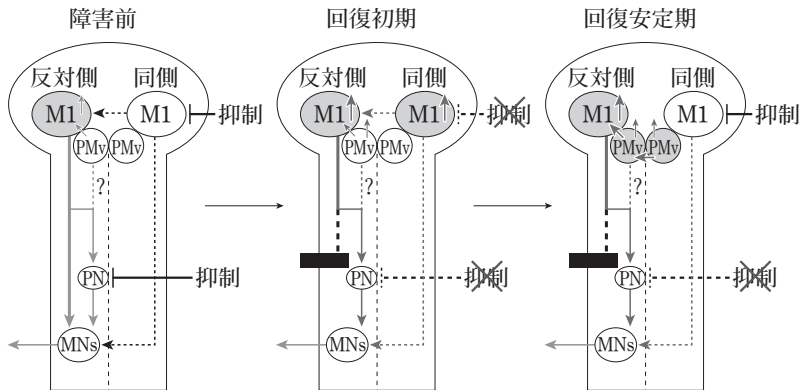


図7 機能代償過程での神経回路の再編成

状が重篤であるゆえに神経回路の可塑性によって図7の回復初期から安定期になかなか移行できないために同側一次運動野による制御をいつまでも続けている、ということの説明できるかもしれない。

このようにして特定の神経回路を損傷し、残存する神経回路の再編をさまざまな手法で観察することによって、中枢神経回路の損傷後の機能回復過程に関する一般的な法則性を描き出せる可能性がでてきた。今後は、電気生理学的に神経回路の再編をより詳細に評価する方法と、一方でマイクロアレイなどを用いた遺伝子発現の網羅的検索法などを組合わせて、より統合的な理解を目指す研究を進展させていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) Kuypers HGJM: The organization of the motor system in primates. *In Handbook of Physiology-The Nervous System I*, edited by Brookhart JM and Mountcastle VB, 623-634 (Plenum Press, New York, 1981)
- 2) Heffner R and Masterton B: Variation in form of the pyramidal tract and its relationship to digital dexterity. *Brain Behav Evol* **12**, 161-200, 1975
- 3) Lawrence DG and Kuypers HG: The functional organization of the motor system in the monkey. I. The effect of bilateral pyramidal lesions. *Brain* **91**, 1-14, 1968
- 4) Illert M, Lundberg A, Padel Y, and Tanaka R: Integration in descending motor pathways controlling the forelimb in the cat. 5. Properties of and monosynaptic excitatory convergence on C3-C4 propriospinal neurones. *Exp Brain Res* **33**, 101-130, 1978
- 5) Alstermark B and Lundberg A: The C3-C4 propriospinal system: target-reaching and food-taking. *In IBRO Symposium, Paris 1991, "Muscle afferents and spinal control of movement"* Chapter 4.8; eds. Jami L, Pierrot-Deseilligny E and Zytnicki D, 327-354 (Pergamon Press, 1992)
- 6) Maier MA, Illert M, Kirkwood PA, Nielsen J, and Lemon RN: Does a C3-C4 propriospinal system transmit corticospinal excitation in the primate? An investigation in the macaque monkey. *J Physiol (Lond)* **511**, 191-212, 1998
- 7) Alstermark B, Isa T, Ohki Y, and Saito Y: Disynaptic pyramidal excitation in forelimb, motoneurons mediated via C3-C4 propriospinal neurons in the *Macaca fuscata*. *J Neurophysiol* **82**, 3580-3595, 1999
- 8) Isa T, Ohki Y, Seki K, and Alstermark B: Properties of propriospinal neurons in the C3-C4 segments mediating disynaptic pyramidal excitation to forelimb motoneurons in the macaque monkey. *J Neurophysiol* **95**, 3674-3685, 2006