

İstemli motor hareketin organizasyonu, birbirine paralel ve sürekli geri bildirim alan üç ana sistemin eşgüdümüyle gerçekleşir: motor korteks, bazal ganglionlar ve serebellum. Bu sistemler omurilik ve beyin sapı devreleriyle birlikte çalışarak hareketin başlatılması, seçimi, zamanlanması, akıcılığı ve doğruluğunu sağlar.

Süreç Aşağıdaki şekilde işlemektedir:

---

## 1. Üst Düzey Planlama: Assosiasyon Korteksleri

### Prefrontal korteks

- Hareketin niyeti ve hedefi burada oluşur
- “Ne yapacağım?” sorusunun cevabı
- Örnek: Bardağı almak istiyorum

### Posterior parietal korteks

- Vücut şeması, uzaysal konum, görsel-proprioseptif entegrasyon
- “Neredeyim, nesne nerede?”

Bu bilgiler premotor ve supplementary motor area (SMA)’ya gönderilir.

---

## 2. Motor Programın Oluşturulması: Premotor Alanlar

### Premotor korteks (lateral)

- Dış uyaranlara bağlı hareketler
- Görsel veya işitsel ipuçlarına göre motor program

### Supplementary Motor Area (SMA)

- İçsel olarak başlatılan hareketler

- İki taraflı ve sıralı hareketler (yürüme, piyano çalma)

Oluşturulan motor programlar:

- Bazal ganglionlara (hareket seçimi için)
- Serebelluma (zamanlama ve doğruluk için)
- Primer motor kortekse (icra için) gönderilir

---

### 3. Bazal Ganglionlar: Hareketin Seçimi ve Başlatılması

Bazal ganglionlar “hangi hareket yapılmalı, hangisi baskılanmalı?” sorusuna cevap verir.

#### Yapılar

- Striatum (putamen + kaudat)
- Globus pallidus (internus/externus)
- Substantia nigra
- Subthalamic nucleus

#### Temel Devreler

##### A. Direkt yol → Hareketi kolaylaştırır

- İstenilen motor programı disinhibe eder
- Hareket başlatılır

##### B. İndirekt yol → Hareketi baskılar

- Gereksiz/istenmeyen hareketleri inhibe eder

##### C. Dopamin (Substantia nigra pars compacta)

- Direkt yolu ↑

- İndirekt yolu ↓

Net etki: hareketi kolaylaştırma

📌 Parkinson hastalığı: Dopamin azalır → hareket başlatma zorlaşır

📌 Huntington hastalığı: İndirekt yol bozulur → istemsiz hareketler

Bazal ganglionlar çıktısını talamus üzerinden motor kortekse gönderir. Yani korteksten gelip bazal ganglionlara giden hareket sinyali tekrar kortekse geri gönderilir!

---

## 4. Serebellum: Koordinasyon, Zamanlama ve Düzeltme

Serebellum hareketi başlatmaz, ama nasıl yapılacağını ayarlar.

### Fonksiyonları

- Hareketin zamanlaması
- Kuvvet ayarı
- Akıcılık
- Hata düzeltme (error correction)
- Motor öğrenme

### Bilgi Girişi

- Motor korteksten: “Ne planlandı?”
- Proprioseptif sistemden: “Gerçekte ne oluyor?”

### Çalışma Prensipleri

- Planlanan hareket ile gerçekleşen hareketi karşılaştırır
- Fark varsa → düzeltici sinyaller üretir
- Bu sinyalleri talamus aracılığıyla motor kortekse yollar

## 📌 Serebellar lezyonlar

- Ataksi
- Dismetri
- Intention tremoru
- Konuşma bozukluğu (skandik konuşma)

---

## 5. Primer Motor Korteks (M1): İcra Merkezi

### Özellikler

- Somatotopik organizasyon (motor homunkulus)
- Özellikle distal kaslar ve ince motor hareketler

### Çıkış Yolları

- Kortikospinal trakt → istemli motor kontrol
- Kortikobulber trakt → kraniyal sinir motor çekirdekleri

Motor nöronlar aktive olur → kas kasılması gerçekleşir

---

## 6. Omurilik ve Beyin Sapı Entegrasyonu

### Omurilik

- Alfa motor nöronlar
- Refleks arkları
- Sinerjist–antagonist kas dengesi

### Beyin sapı yolları

- Retikülospinal
- Vestibülospinal
- Rubrospinal

Postür, denge ve tonus ayarı

---

## 7. Sürekli Geri Bildirim Döngüsü

Hareket tek yönlü değil, sürekli bir döngüdür:

### Kısa Özet (Klinik Odaklı)

- Motor korteks: Komut verir
- Bazal ganglionlar: Doğru hareketi seçer, başlatır
- Serebellum: Hareketi düzeltir ve akıcı hale getirir
- Omurilik: Son uygulama noktası