

## Bölüm Üç

### Motor Kontrol Teorileri

## Koordinasyon ve Kontrol

- **Serbestlik Derecesi** bir kontrol sistemindeki bileşen sayısı ve her birinin mümkün olan uygulama (ifade) biçimleri.
  - Uygulayıcı mümkün olan kombinasyonlarla nasıl baş eder?
- **Serbestlik Derecesi Problemi:** Belirli bir hareketi gerçekleştirebilmek için mevcut serbestlik derecesini nasıl kontrol ederiz.

## Harekete Hazırlanmak

- Sinir sisteminin “becerikli hareketleri” icra etmek için kasları nasıl organize ettiği hareket bilimcileri için halen üzerinde tartışılan bir bilimcedir.
- Teorileri anlamak uygulayıcıların eğitsel kararlarını dayandıracakları temelleri teşkil ettikleri için önemli bir konudur.

## Koordinasyon ve Kontrol

- **Koordinasyon:** bir sistemin mevcut serbestlik derecesinin, amaca ulaşmaya yönelik olarak hareket modelini etkili bir şekilde organize etmek için hareketin sınırlandırılması süreci.
- **Kontrol:** Bulunan çevrenin ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak hareketteki değişkenlerin manipülasyonu.

## Becerikli Hareket: Komuta Merkezi veya Dinamik İlişki

- Becerikli hareketlerin nasıl koordine ve kontrol edildiğine yönelik olarak iki tane baskın teori bize bilgi sağlamaktadır.
  - Birincisi, beyinde ki bir komuta merkezi mevcudiyetini önerir.
  - İkincisi ise becerikli hareketlerin, vücut, çevre ve beceri arasında ki çeşitli dinamik ilişkinin sonucu meydana geldiğini önerir.

## Motor Program Problemleri

- Yeni Bir Hareket Nasıl Üretilir?
  - Depolama Problemi: İnsanlar, gelecekte kullanılmak için gerekli ve neredeyse sayısız olan bu motor programları nasıl ve nerede depolarlar?
  - Yenilik Problemi: İnsanlar, önceden depolanmış bir motor programda sunulmamış olan gerçek yeni bir davranışı nasıl üretirler?

## Motor Program Teorisi

- Motor Program: yürütme seviyesinde önceden yapılandırılmış ve becerikli hareketin gerekli ayrıntılarını tanımlayan motor komutlar grubudur.
  - (Motor becerilerin yapılması için gerekli bilgileri depolayan hafıza simgesi).
- Motor program kavramında ki problemler
  - Depolama
  - Yeni tepki üretimi

## Genelleştirilmiş Motor Program

- Çeşitli tepkilerin üretimi için değişik ürünler veren hareket kalıplarının veya bazı eylem çeşitlerinin soyut zihinsel temsili.
- Değişmez Özellik: bir motor programı tanımlayan göreceli sabit alt yapı özellikleri.
  - Eylemin veya parçanın sırası
  - Göreceli zamanlama (becerinin içsel ritmi)
  - Göreceli kuvvet
  - İmza, serbest stil, koşu bandı (yürü, koş)

## Motor Programın Çıktısı Nasıl Değiştirilir? (Tekrar)

- Genelleştirilmiş motor program: belirli bir hareket yerine hareketin şablonunu (modelini) tanımlayan motor program
- Bu esneklik kişilere değişen çevresel koşulları karşılayıp modelin varyasyonunu üretmede genelleştirilmiş programı adapte etme imkanı sağlar.
  - Hareketin zamanında çeşitleme
  - Hareketin genişliğinde çeşitleme
  - Kullanılan uzuv ve kaslarda çeşitleme

## Hareket Parametrelerinin Tanımlanması

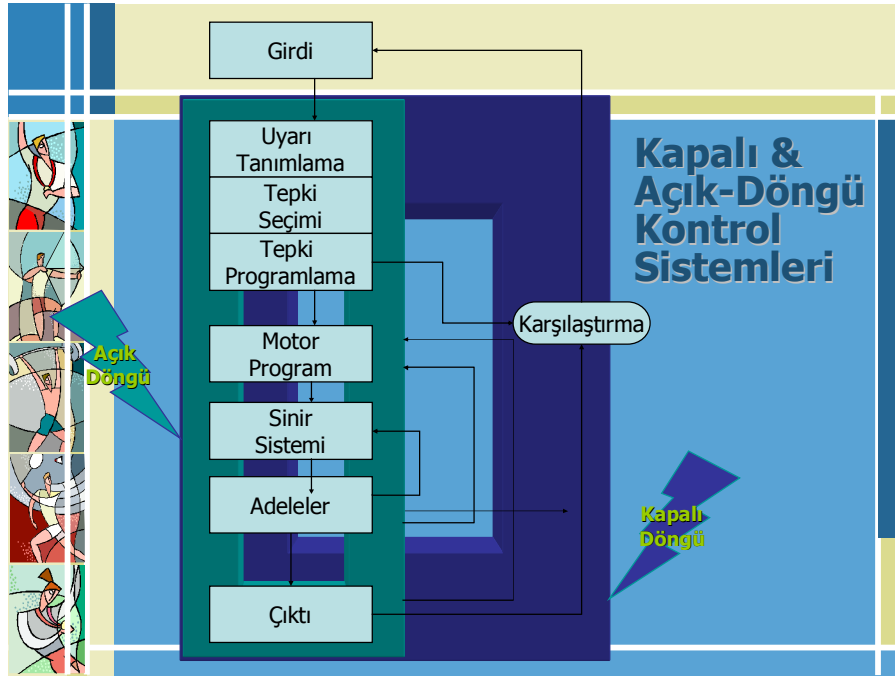
- Parametre değerleri: kişinin genelleştirilmiş motor program parametrelerine saptadığı değerler
  - Hızlı hareket zamanı, kısa genişlik, sağ kol
  - Kişilerin belirli çevresel istekleri karşılamaları için hareket şablonunu uyarlamalarına imkan sağlar.

## Hareket Parametrelerinin Tanımlanması

- Yüzey Özellikleri: Hareketin kolayca değişebilen parçalarıdır.
  - Hareketin zamanı ya da genişliği
- Parametreler: Genelleştirilmiş motor programın nasıl yürütülmesi gerektiğini tanımlayan esnek (değiştirilebilen) özellikleridir.
  - Hareketin genel hızı, kuvveti (yada genişliği) ve kas seçimi

## Programın Uygulanması

- Motor program başlatıldığı andan itibaren nasıl kontrol edilir?
  - Açık-döngü Kontrol: tepkinin tamamlanması için gerekli bilgilerin bütününe içeren eylem planlarının üretildiği bir kontrol şekli
  - Kapalı-döngü Kontrol: hata tanımlanması ve düzeltilmesinin kullanıldığı bir kontrol şekli



## Motor Program için Kanıtlar

### Reaksiyon Zamanı & Hareket Karmaşıklığı

- Daha karmaşık hareketler için RZ daha uzundur (hareketten önce tepki programlamasının organizasyonu için).
  - Serilere ekstra parçalar eklendiğinde RZ'nı  $\uparrow$ .
  - Daha çok uzuvlar kontrol edilmesi gerektiğinde RZ'nı  $\uparrow$ .
  - Hareketin süresi uzadığında RZ'nı  $\uparrow$ .
- Neden?
- RZ'nı artır; çünkü hareketin başlatılmasından önce motor sistemin organize olması için daha fazla zaman gereklidir.
  - $\rightarrow$  Tepki Programlama Aşaması.

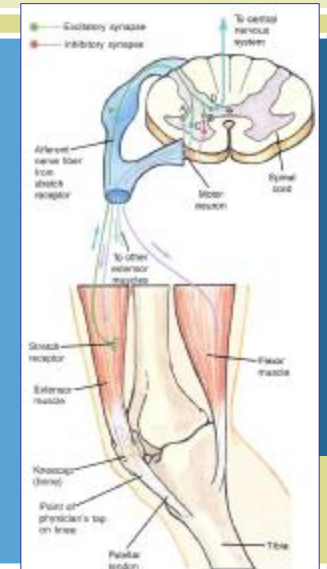
## Motor Program için Kanıtlar

- Reaksiyon Zamanı & Hareket Karmaşıklığı
- Deafferentiation Deneyi
- Mekanik Olarak Engellenmiş Kola Etkileri

## Motor Program için Kanıtlar

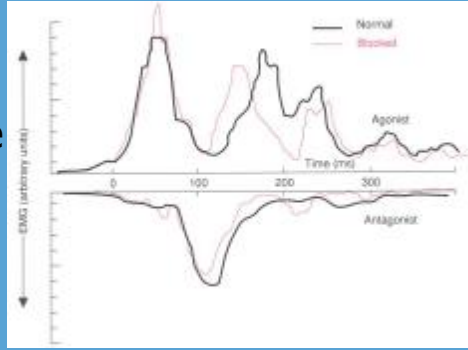
### Deafferentiation Deneyi

- Deafferentiation: sinir sinyallerinin, çevreden omuriliğe ulaşmasını engellemek için afferent duymusal yolların kesildiği cerrahi prosedürdür.
- Afferent duymusal yolları kesilmiş olan hayvanların uzuvlardan gelen geri bildirim önemli olmadığını göstermiş ve hareketin merkezi organizasyonunu işaret etmiştir.



## Motor Program için Kanıtlar Mekanik Olarak Engellenmiş Uzuvarın Etkileri

- Beklenmedik bir şekilde engellenmiş uzuvların EMG şekilleri aslında 120 ms'ye kadar normaldir.
- Buda EMG gidişatının geri bildirimle bağımlı olmadığını gösterir.



## Bernstein, ya da Dinamik, Perspektif

- Dinamik Sistem Teorisi (DST): sinir-kas sisteminin dinamik özellikleri ile çevresel bilgilerin fiziksel özelliklerinin kaynaşmasını vurgular, insanların koordineli hareketleri nasıl kontrol ettiğini açıklar.
- DST, motor program kavramının, merkezi sinir sisteminde her hareketin organizasyonunu, kontrolünü ve temsilini çok fazla vurguladığını ileri sürer.

## Motor Program Kavramına Karşı Çıkma (Morris, Summers, Matyas & Ianssek, 1994)

- Duyulara ilişkin olan geribildirimler hareketin ayrıntılarını geliştirirler.
- Motor programların depolandığı yer açık değil.
- Programlar çeşitliliğe ve yeniliğe izin vermeyebilirler.
- Motor komutları devamlı bir şekilde veren bir merkez yoktur ve kontrol sistemi dağıtılmış olabilir.
- Programlar çevresel ve biyomekaniksel sınırlamalara tepki veremeyebilirler.

## Dinamik Sistem Teorisi

- **Sınırlılıklar – Constraints**
  - bir bireyin hareket kapasitesini sınırlayan "hudut"/çerçeve. Birey yeni bir hareketi öğrenmek durumunda kaldığında değişiklikler organizma, çevre, görev yada bunların bir kombinasyonu sonucu olabilir.
- **Organizmaya ilintili olanlar**
  - Yapısal = vücut şekli, kilo vb.
  - Fonksiyonel = psikolojik, bilişsel vb.
- **Çevreyle ilintili olanlar**
  - Yer çekimi, ısı ve ışık, Cirit atarken ve rüzgarın etkisi
- **Görevle ilintili olanlar**
  - Görevin amacı, Hareketi tanımlayan kurallar, Hareketi tanımlayan alet/araçlar

## Dinamik Sistem Teorisi



- **Öz Örgütlenme** - Self-organization
  - Sınırlılıkların sonucu olarak uygulayıcının hareket kalıplarının sürekli değişimi
  - Farklı ağırlık & şekillerdeki topların fırlatılması ve adaptasyon
- Hareket kalıbındaki değişiklik motor programdan değil de değişen durumun sınırlılıklarına uyumdan kaynaklanır.

## Dinamik Sistem Teorisi



- **Çekici Durumlar** - Attractor states
  - Sistemin kendiliğinden arzu edilen denge durumuna kayması
  - Evre Kayması - Phase shift
    - Sistemin denge durumunda ki değişiklik ile kendiliğinden yeni bir biçime kayma
  - Kontrol Parametresi - Control parameters
    - Sistemi yeni bir duruma kaydıran değişiklikler
  - Çeşit Sınırlayıcı - Rate limiters
    - Sistemin değişme yeteneğini engelleyen sınırlılıklar
  - Öğrenilmiş bir hareket kalıbının değiştirilmesi için yapılan alıştırmaların sonucu yeni denge durumu.