

1. BİYOMEDİKAL ENSTRUMENTASYONA GENEL YAKLAŞIM

1.1 Giriş

Bu bölümün amacı;

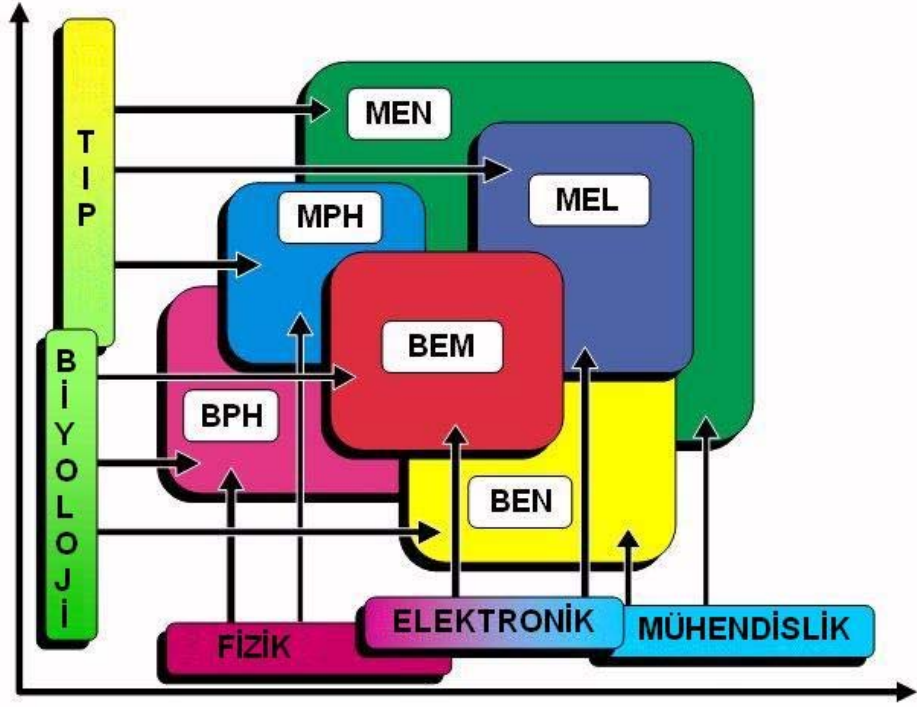
- Vücudun yapısı
- Tıp Elektronik
- Biyomedikal Mühendislik

hakkında genel bilgi vermektir.

Her bir sistem hakkında **Biyomedikal Mühendisliğini** ilgilendiren daha detaylı bilgiler bu dersin sonraki bölümlerinde verilecektir.

Tıp Elektronik (Medikal Elektronik), canlı sistemlerle ilgili çeşitli parametrelerin algılanması ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılan tüm elektronik teknoloji ve yöntemleri kapsayan bilim dalıdır.

Tıp Elektronikinin diğer bilim dalları ile ilişkisi



Burada;

- BEN: Biyomühendislik
- BPH: Biyofizik
- BEM: Biyoelektromagnetizma
- MPH: Medikal Fizik
- MEN: Medikal Mühendislik
- MEL: Tıp Elektronik

konularını ilgilendirmektedir.

- Orijine yakın olan disiplinler daha teorik,
- Orijinden uzaklaştıkça disiplinlerin uygulamalı olduğu görülmektedir.
- Temel disiplinleri biraraya getirdiğimizde disiplinlerarası konu ortaya çıkmaktadır.
- Fakat genel olarak bakıldığında ortaya çıkan disiplin iki boyutlu değil çok boyutludur.

1.2 Tıp Elektroniklerinin Diğer Bilim Dalları Arasındaki Yeri

Tıp elektroniklerinin diğer bilim dalları arasındaki yerini belirleyebilmek için çok geniş bir alanı kapsayan **Biyomedikal Mühendisliğini** kısaca incelemek gerekir.

1.2.1 Biyomedikal Mühendisliği

Biyomedikal Mühendisliği: Mühendislik teknik ve bilgisini kullanarak teşhis ve tedavi için yeni teknik ve yöntemlerin geliştirilmesi, arızalı vücut kısımlarının desteklenmesi ve gerektiğinde değiştirilmesi şeklinde tanımlanabilir.

- İlk fikir 1950'li yıllarda ortaya atılmış ve 1970'den sonra çok hızlı bir gelişim gösteren disiplinler arası bir konu haline gelmiştir.
- Biyomedikal Mühendisliği üç ana dal altında incelenmektedir.

1)Biyomühendislik : Biyolojik sistemlerin tanınmasında ve tıbbi uygulamaların gelişmesinde mühendislik teknik ve görüşlerinin uygulanması;

2)Medikal Mühendislik : Biyoloji ve tıpta kullanılan cihaz, malzeme, teşhis ve tedavi düzenleri, yapay organlar ve diğer düzenlerin geliştirilmesinde mühendislik teknik ve görüşlerinin kullanımı;

3)Klinik Mühendisliği : Çeşitli kuruluşlar (Üniversiteler, hastahaneler, devlet ve endüstri v.b. kuruluşlar) içindeki sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi için mühendislik görüş, yöntem ve tekniklerinin uygulanması.

Biyomühendislik alandaki çalışmalar vücut fonksiyonlarının daha iyi anlaşılmasını amaçlamakta olup araştırmaya dönüktür. Bu çalışmalar genellikle çeşitli ölçümlerin yapılması ve elde edilen verilerin ileri matematik yöntemleriyle değerlendirilmesi şeklindedir.

Çalışma alanlarından bazıları:

- Biyolojik organların fiziksel yapıları ve onların canlı organizmalarla ilişkileri üzerinde temel araştırmalar;
- Kalp, kaslar ve beyin tarafından üretilen elektriksel işaretler için şekil tanıma;
- Organ ve hücre düzeyinde insana ait kontrol sistemlerinin incelenmesi;
- Radyasyon tedavisinin planlanması;
- Kalp-dolaşım, solunum, sindirim ve endokrin sistemlerinin modellenmesi ve simülasyonu;
- Beyin fonksiyonlarının anlaşılması konusunda temel araştırmalar.

Medikal Mühendislik alandaki çalışmalar daha ziyade endüstriye dönük olup teşhis, tedavi ve prostetik düzenlerin tasarım ve gerçekleştirilmesi ile ilgilidir.

Bu alandaki çalışmalara şu örnekler verilebilir:

- Kimya laboratuvarlarında kullanılan kan ve idrar analizörleri gibi teşhis cihazlarının günün en ileri elektronik teknoloji ve tasarım yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmesi;
- Biyolojik işaretlerin hastalardan alınması ve izlenmesi için mikroelektronik yaşam ve monitör sistemlerinin tasarımı,
- İç organların X ışınlarıyla gözlenmesi,
- Radyoaktif ve ultrasonik gözlem cihazlarının tasarımı,
- Kalp-akciğer makinası gibi tedavi cihazlarının tasarımı;
- Respiratörler (solunum cihazları), uyarıcılar, defibrilatörler, radyasyon tedavi cihazları;
- Takma organlar, “pacemaker” lar, yapay kalp kapakçıkları, yapay kalça ve eklemler, yapay böbrek ve benzerinin tasarımı;
- Kör ve sağırılar için algılama düzenlerinin gerçekleştirilmesi.

Klinik Mühendisliği alandaki çalışmalar çok hızlı bir gelişim göstermektedir. Klinik Mühendisi, klinik ekibin bir parçasını oluşturmaktadır.

Klinik Mühendislerinin görevleri şöyle özetlenebilir:

- Problemlerin tanımında, cihazların seçiminde ve kontrolünde hastane personeline yardımcı olmak;
- Ticari olarak bulunmayan elektronik cihazları gerçeklemek;
- Cihazların performans kontrolü ve kalibrasyonu için yöntemler geliştirmek;
- Emniyet standartlarını belirlemek ve bu konuda danışmanlık yapmak;
- Hayat destekleme sistemlerini idare etmek;
- Hastanelerde kullanılmaya başlayan bilgisayar ve otomasyon merkezlerinin sorumluluğunu almak.
-

Buradan; Tıp Elektroniğinin Biomedikal Mühendisliğin kapsamına giren faaliyetlerin büyük bir kısmını kapsadığı sonucu çıkarılabilir.

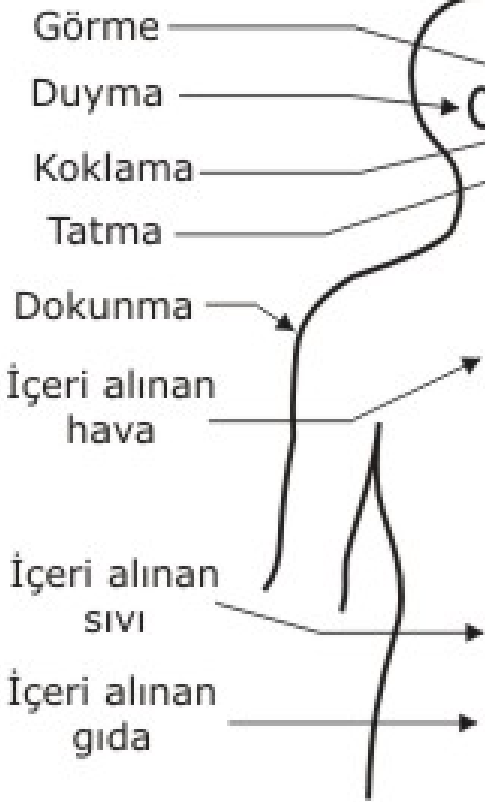
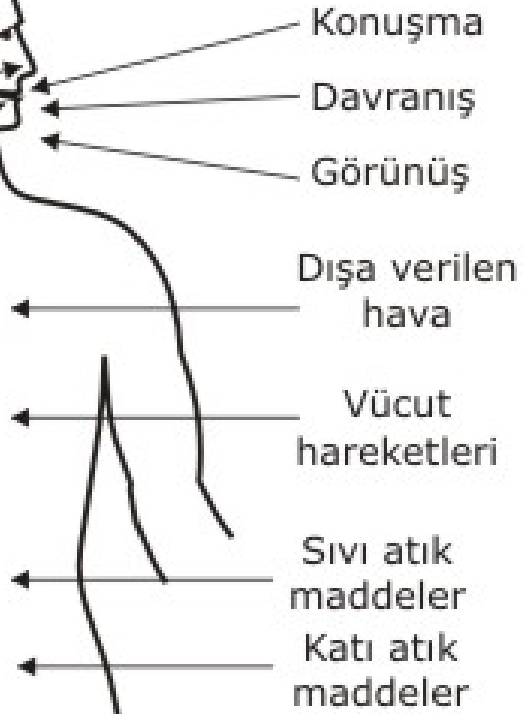
1.3 Fizyolojik Sistem

- Canlı bir insandan alınan ölçümlerle, incelenen olay arasındaki ilişkiyi kurabilmek için insana ait fizyolojik sistemler üzerinde bilgi sahibi olmak gerekir.

Vücut, dahili ortamını kararlı tutmak üzere yüzlerce geribeslemeli kontrol sistemi içerir. Bu işlem homeostasis diye adlandırılır ve görevi vücudun ortamdaki değişimlere ve hastalıklara tepki göstermesini sağlamanın yanı sıra şeker, tuz, su, asit-baz dengesi, oksijen ve karbondioksit düzeyleri ve canlı organları meydana getiren diğer maddelerin düzeylerini ayarlamaktır.

- İnsan vücudunda çok sayıda elektriksel, mekaniksel, hidrolik, pnömatik, kimyasal, termal sistemler bulunmaktadır. Bu sistemler yardımıyla insan, yaşamını sürdürmeyi, faydalı beceriler elde etmeyi, kendine has şahsiyet ve davranışlara sahip olmayı ve neslinin idamesini sağlar.

- İnsan organizasyonu hiyerarjisinin çeşitli seviyelerinde ölçümler yapılabilir. Giriş ve çıkış büyüklüklerinin bir kısmına ölçüm amacıyla kolayca ulaşılabilmesine karşın, bazılarının (konuşma ve davranış gibi) kalitatif olarak ölçülmesi çok zordur.
- Organizasyon hiyerarşisinde bir sonraki sırayı vücudun temel (ana) fizyolojik sistemleri oluşturur (sinir, solunum, kalp ve dolaşım sistemleri gibi).
- İnsanın bir bütün olarak kendi çevresi ile haberleşebilmesine benzer şekilde bu temel sistemler de, hem kendi aralarında ve hem de dış çevre ile haberleşirler.
- Biyomedikal enstrumantasyonda temel gaye bu çok çeşitli üniteler arasındaki haberleşmedeki enformasyonu ölçmektir. Eğer organizasyon hiyerarşisinde her seviyedeki tüm değişkenler ölçülebilirse ve aralarındaki bağıntılar belirlenebilirse, beynin ve vücudun fonksiyonları daha açık bir şekilde anlaşılabilir.

GİRİŞÇIKIŞ

Mühendislikte karakteristikleri bilinmeyen bir sistem genellikle dört uçlu bir siyah kutu olarak gösterilir.

Böyle bir sistemin analizinde amaçlanan bu kutunun iç fonksiyonlarını belirleyecek şekilde giriş çıkış bağıntılar dizisi elde etmektir.

Bu amaçla sistemin girişine belli işaretler uygulanır. Yaşayan organizma, özellikle insan, düşünülebilecek en karmaşık sistemlerden biridir.

Bu sistemde elektrik, mekanik, akustik, termal, kimyasal, optik, hidrolik, pnömatik ve diğer bir çok alt sistemlerin birbirleriyle etkileşim halinde fonksiyonlarını sürdürmektedir.

Bu sistemde aynı zamanda güçlü bir bilgi değerlendirme, çeşitli tipte haberleşme ve çok çeşitli kontrol alt sistemleri de bulunmaktadır.

Bu sistemin giriş - çıkış bağıntıları sistemin deterministik olmadığını gösterir. Bu sonuç sistemin incelenmesini daha da zor bir duruma sokar.

Yaşayan organizmada daha başka zorluklarla da karşılaşılır. Örneğin, ölçülecek büyüklüklerin çoğu için ölçüm sistemine doğrudan doğruya kolay bir bağlantı yapmak mümkün değildir.

Bunun anlamı bazı büyüklüklerin ölçülmesi mümkün değildir.

Bu büyüklüklerin belirlenebilmesi ancak daha az doğrulukla sonuç veren ikincil yöntemlerin kullanılmasını gerekli kılar.

Ayrıca bu büyüklükler arasındaki yüksek derecede etkileşim, durumu daha da zor bir hale getirir.

Bu etkileşim nedeniyle, iki değişken arasındaki bağıntıyı incelerken üçüncü bir değişkeni sabit tutmak mümkün olmaz.

Bazı durumlarda, nerenin giriş ve nerenin de çıkış olduğunu bile belirlemek de çok zordur.

Ölçü düzeninin kendisi durumu daha da karmaşık bir hale getirir.

Ölçüm işlemi hiçbir şekilde hayati tehlike yaratmamalıdır. Acı, rahatsızlık ve diğer arzu edilmeyen durumlar oluşturmamalıdır. Sonuçta canlı olmayan objeler üzerinde uygulanan ölçüm yöntemleri aynen insanlara uygulanamaz.

Bu güçlükler nedeniyle ilk bakışta yaşayan organizmaya ait büyüklüklerin ölçülmesi ve analiz edilmesi mühendislik açısından imkansız gibi görünebilir. Fakat insan vücuduna ait bağıntıların ölçülmesi ve analiz edilmesi alanında çalışan kimseler bu sorunu çözmek zorundadırlar. Biyomedikal Mühendisliği alanında çalışanların görevi, tıp alanında çalışan personele, canlı insana ait büyüklüklerin anlamlı ve güvenilebilir şekilde elde edilmesini sağlamaktır.

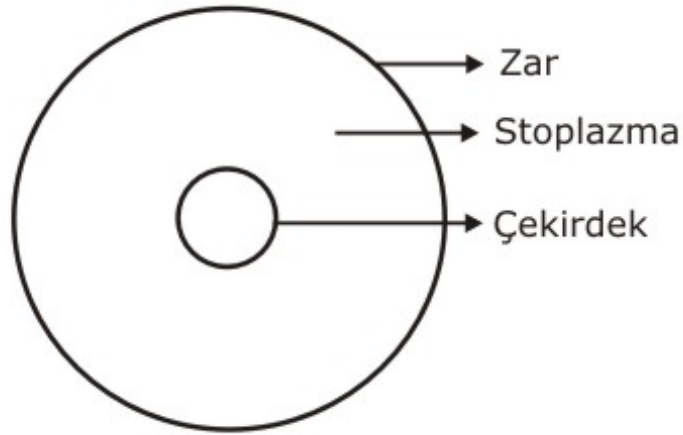
1.3.1 Hücre

İnsanların da dahil olduğu tüm memeliler **hücre** adı verilen temel yapıtaşlarından oluşmuşlardır. Farklı tipteki hücreler farklı görevler görürler ve dolayısıyla farklı yapıya sahiptirler.

Hücre yapılarına göz atarsak;

- Hücrelerin uzunlukları 200 nanometreden ($1\text{nm}=10^{-9}\text{ m}$) birkaç santimetreye kadar değişmektedir.
- Çoğu hücrenin boyu, 0 ile 20 mikrometre ($1\text{mikrometre} = 10^{-6}\text{ m}$) aralığına düşmektedir.
- Devekuşu yumurtası boyu 20 santimetreye kadar ulaşabilen tek bir hücredir.

Çoğu hücrenin yapısında bir zar tarafından hücre içi sıvıdan (sitoplazma) ayrılmış bir **çekirdek** bulunur. Çekirdek, hücrenin çoğalması ile ilgili olan genetik kodu bulundurur.



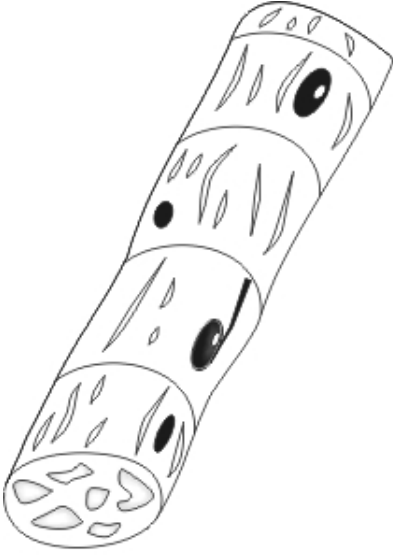
İnsan vücudundaki hücrelerin sayısı oldukça fazladır. İnsan vücudunda 1/3'ü alyuvar hücresi olan toplam **75 trilyon** hücre bulunduğu tahmin edilmektedir. Alyuvar hücreleri vücudun dokularına oksijen taşımakla görevlidir.

Çok hücreli bütün hayvanlardaki hücreler belli bazı yetenekler veya karakteristikler taşırlar;

Örneğin;

- organizasyon,
- irkilme (yani harici bir etkiye tepki gösterme özelliği),
- beslenme,
- metabolizma,
- nefes alma ve boşaltım gibi.

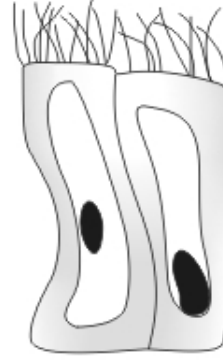
Bazı hücreler üreme özelliği de gösterir.



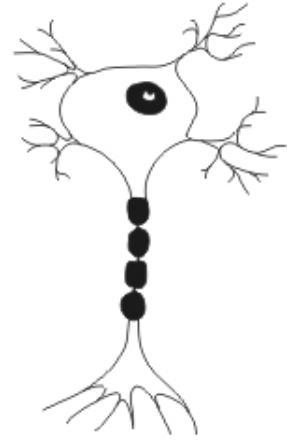
İskelet-Kas Lifi



Düz Kas Hücresi



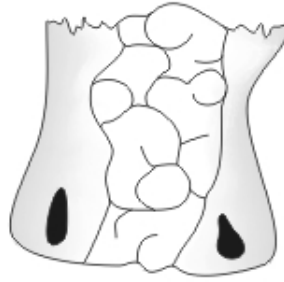
Mikrovillere sahip
çubuk şekilli epitel
hücre



Çok kutuplu
motor nöron



Adipoz hücre



Mukus salgılayıcı hücre



Kandaki alyuvar hücresi

Memelilerde çeşitli hücre tipleri

1.3.2 Vücut Sıvıları

İnsan vücudu neredeyse 2/3 oranında sıvıdan oluşur (gerçekte yaklaşık %56 oranında).

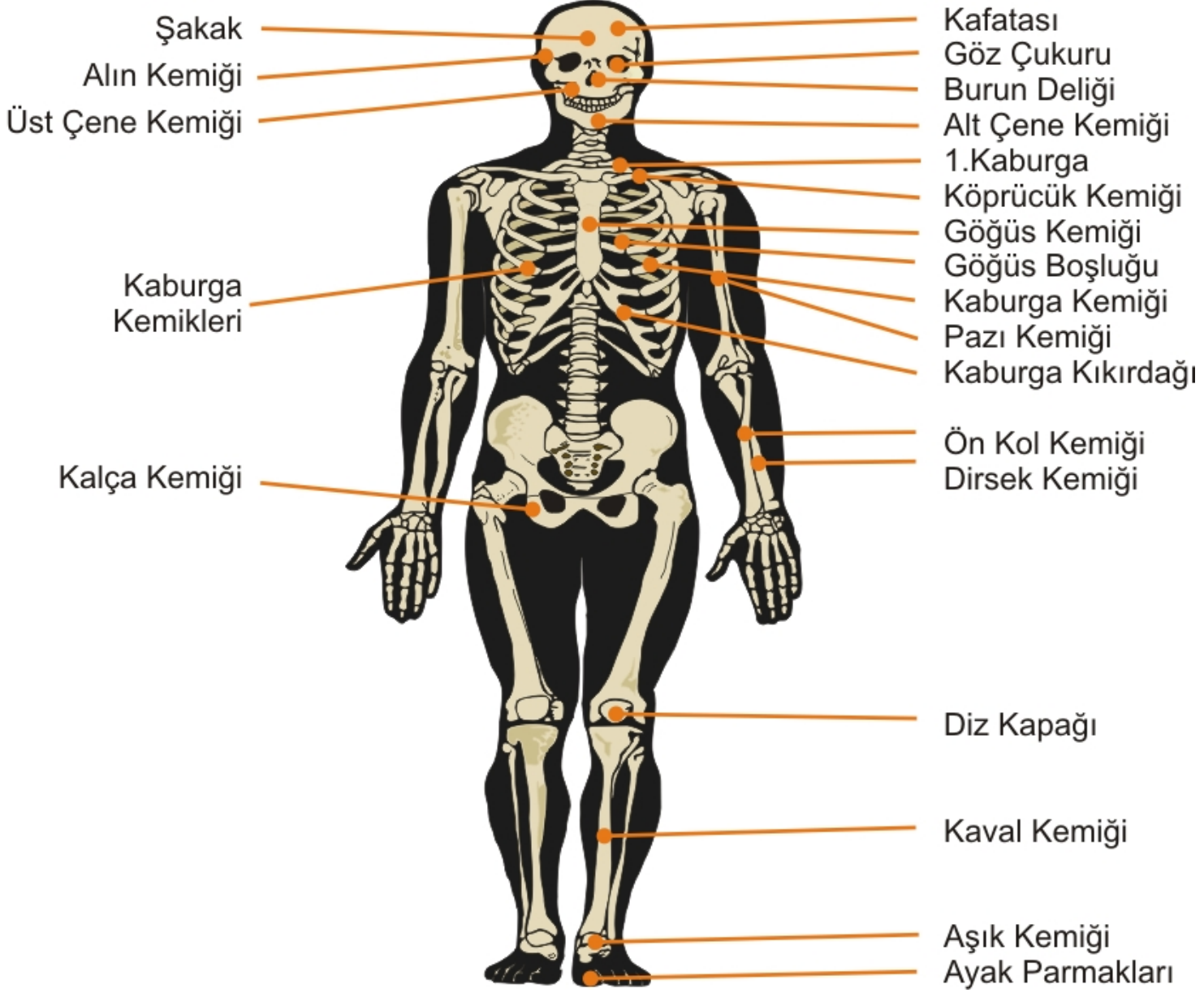
Hücre içi sıvıda yüksek oranda potasyum, magnezyum ve fosfat iyonları bulunurken, hücre dışındaki sıvıda önemli miktarlarda sodyum, klorid, bikarbonat iyonları, oksijen, amino asitler, yağ asitleri, glikoz ve karbondioksit bulunur.

1.3.3 Kas-İskelet Sistemi

İnsan iskelet sistemi çoğunlukla kemiklerden ve biraz kıkırdaktan oluşur.

Kemikler, eklem ve bağlantılar oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanır ve böylece her biri diğerine göre hareket edebilir.

Genelde, kaslar kemikler arasındaki bağlantı noktalarında bulunur, böylece kasın kasılmasıyla kemiklerin hareket etmesi sağlanır.



İnsan iskeleti

1.3.4 Solunum Sistemi

Solunum sistemi vücuda oksijen sağlar ve hücredeki artık karbondioksidin vücuttan atılmasını sağlar.

Solunum sistemi, ağız, burun, soluk borusu, bronşlar ve ciğerlerden oluşur.

Oksijeni azalmış olan kan kalbin sağ tarafından pompalanarak ciğerlere gelir. Burada pulmonar kılcal damarlara (çok küçük kan damarları) dolan kan, hava taşıyan alveollerdeki oksijenden kalınlığı 0.4 ile 2.0 mikrometre kadar olan bir zarla ayrılmıştır.

Gaz halindeki serbest oksijen molekülleri bu zardan geçerek kana karışırken, kandan gelen karbondioksit alveole geçer ve sonra dışarı atılır.

1.3.5 Sindirim (Gastrointestinal) Sistemi

Sindirim sistemi yiyecek ve içecekler şeklindeki ham maddeleri alarak vücuda yararlı maddeler haline getirir. Bu hammaddeleri fiziksel ve kimyasal yöntemlerle işleyecek mide ve yemek borusu gibi organların yanında karaciğer, safra kesesi, tükürük bezleri ve pankreas gibi belli bazı sindirim organlarına daha ihtiyaç vardır.

Sindirim işlemi ağızda, yiyeceklerin dişler aracılığıyla parçalanması ve tükürük salyası ile kimyasal işleme tabi tutulmasıyla başlar.

Midede, hem mekanik hem de kimyasal parçalanma meydana gelir. Her 20 saniyede bir meydana gelen peristaltik dalgalar adı verilen kasılmalar sayesinde mide yiyecekleri mide sıvılarıyla iyice karıştırır.

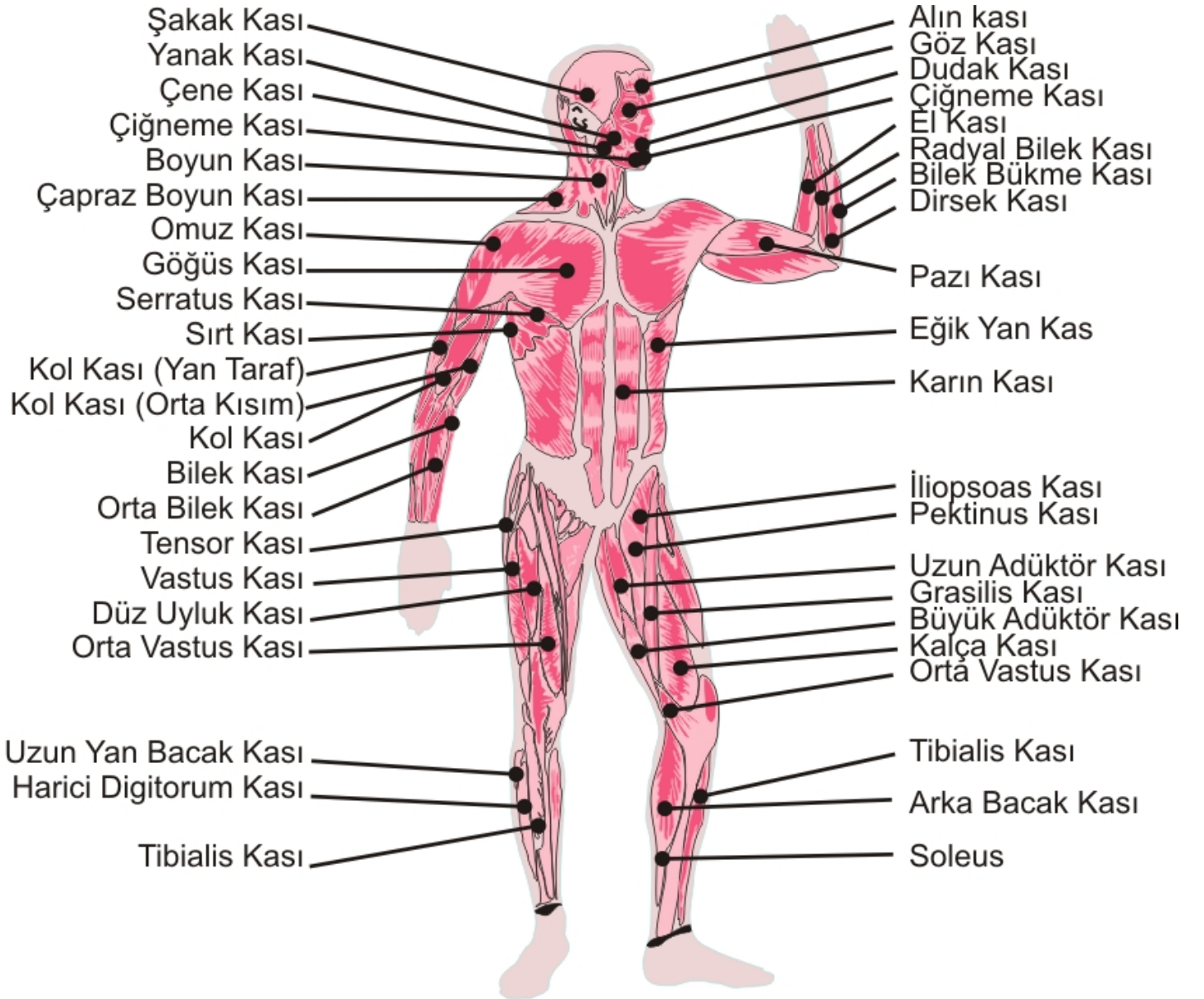
1.3.6 Sinir Sistemi

Sinir sistemi vücuttaki otomatik kontrol sistemlerini düzenler, vücudumuzdaki dahili organlardan ve dış dünyadan gelen verileri toplar, yorumlar, hareket sistemini düzenler ve kontrol eder. Sinir sistemi, bir bilgisayardaki elektriksel iletişim sistemine benzetilebilir.

Otonom sinir sistemi, kalp atışı, salgı bezlerinin salgılaması gibi vücudun otomatik fonksiyonlarını düzenlemekten sorumludur.

Duyu sinir sistemi dış dünyadan ve belli bazı organlardan, duyu alıcıları adı verilen hücreler aracılığıyla (elektrikte dönüştürücülere çok benzerler) veri toplar.

Merkezi sinir sistemi (MSS), dahili organlardan ve dış dünyadan gelen verileri toplar, birleştirir ve yorumlar. Beyin, MSS'nin ana organıdır ve tıpkı bir bilgisayarda olduğu gibi, bilgiyi saklar, işler, üretir ve uyarılara cevap verir. MSS omurilik kısmını da kapsar.



Kas sistemi

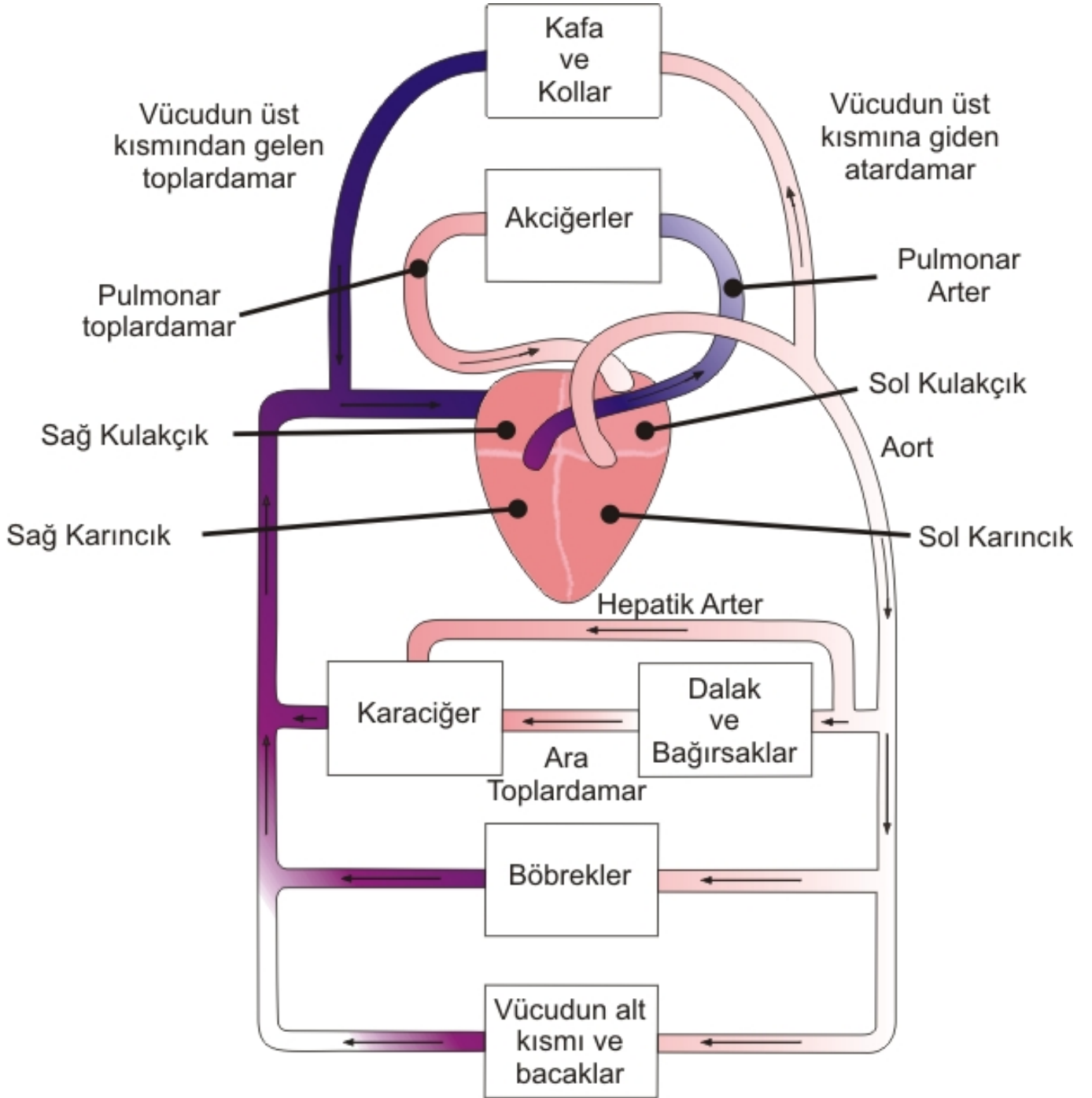
1.3.7 Endokrin (Hormon) Sistemi

Nasıl MSS vücudun içindeki bir elektriksel iletişim ve kontrol sistemi ise, endokrin sistem de bir kimyasal iletişim ve kontrol sistemidir. Görevi dahili vücut durumlarının düzenlenmesidir.

Genel manada, endokrin sistemi yavaş gelişen olayları, çoğunlukla metabolik fonksiyonları kontrol ederken, MSS hızlı gelişen olayların kontrolünden sorumludur.

1.3.8 Dolaşım Sistemi

Dolaşım sistemi, vücut sıvılarının bir organdan ötekine doğru olan transferini sağlar. Kan dolaşım sistemi çok iyi bilinmesine rağmen, bir de lenf dolaşım sistemi vardır.



Dolaşım Sistemi

1.3.9 Kontrol Sistemi Olarak Vücut

Vücudun pek çok fonksiyonu (sayısının yüz ile bin arasında değiştiği tahmin edilmektedir) negatif geribeslemeli otomatik kontrol düzenleri tarafından düzenlenmektedir.

Mühendislik ve teknoloji gören öğrenciler bu sistemleri incelerken zorlanmazlar çünkü bu sistemler mühendislikteki kontrol sistemlerine çok benzer şekilde çalışmaktadırlar.

Genel elektriksel kontrol sistemleri yükselteçler, servomekanizmalar ve evlerimizdeki fırınların kontrolünde kullanılan termostatlar gibi parçalar içerirler.

Herhangi bir negatif geribeslemeli kontrol sistemi, gerçekteki durumları olması gereken durumlarla karşılaştırarak, aradaki farkı veya hatayı en aza indirgeyecek bir düzeltme yapmaya çalışır.

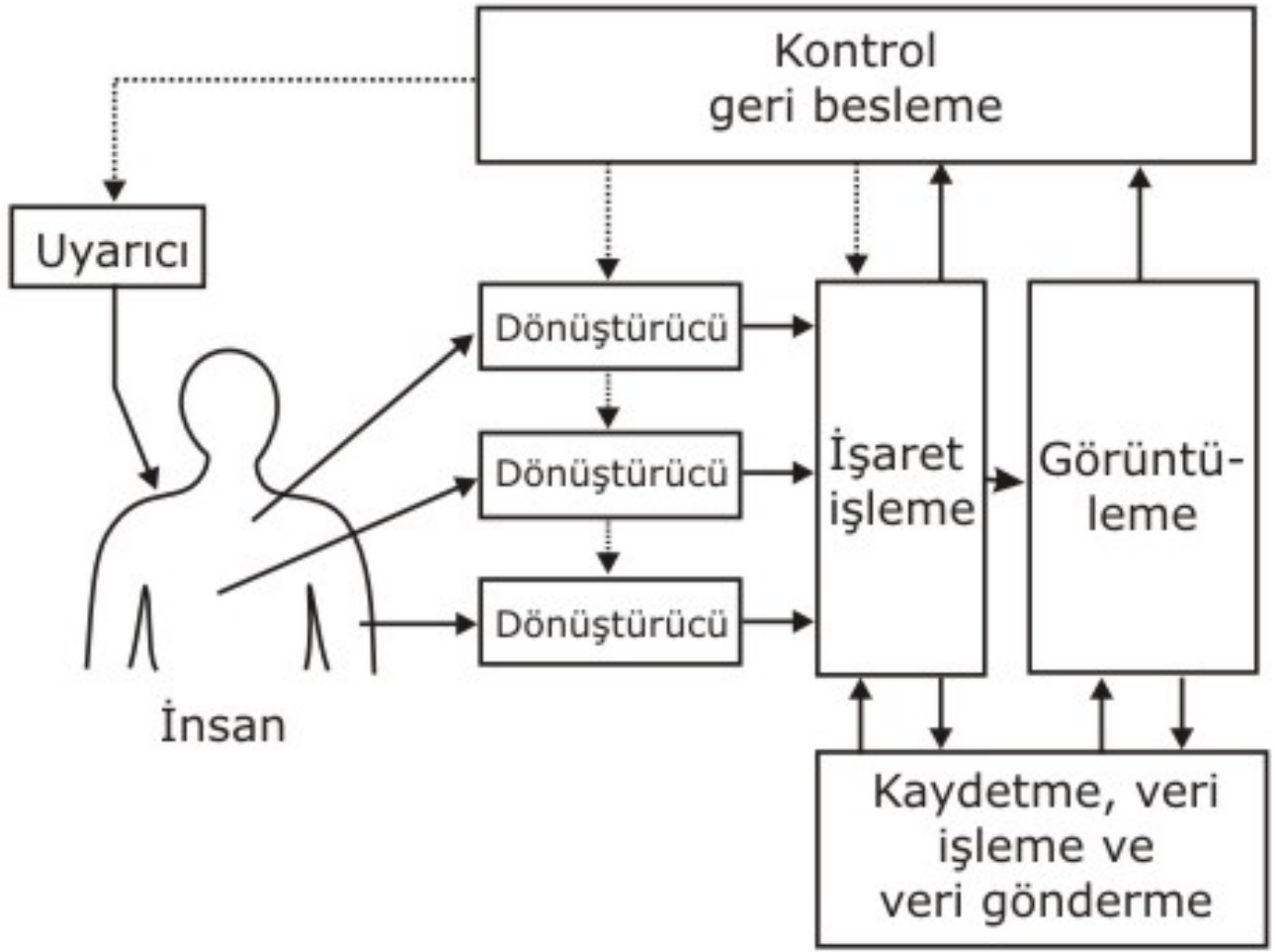
Basit bir kontrol sistemine örnek olarak evimizdeki fırınlar verilebilir. Fırının sıcaklığı, açma-kapama yapan bir termostat tarafından kontrol edilmektedir. Termostat fırının içindeki sıcaklığı ölçmekte, sonra da yaptığı bu ölçümü düğmesiyle ayarlanan sıcaklık değeriyle karşılaştırmaktadır. Fırın sıcaklığı ayarlanan değerin altına indiğinde fırın rezistansını devreye sokan bir kontağı kapatmaktadır. Bu kontak fırın sıcaklığı istenen düzeye gelinceye kadar kapalı kalmaktadır.

Fizyolojik kontrol sistemine verilen en sık örneklerden birisi kan basıncının otomatik düzenlenmesidir. Dolaşım sistemindeki baroreseptör adı verilen basınç sensörleri MSS'ye mevcut durum hakkında bilgi verirler. Eğer basınç normalde kabul edilen değerin altına inmişse, beyin damarlara büzölmeleri yönünde bir sinyal gönderir ve bu durum basıncın yükselmesine neden olur. Fakat, basınç belli bir düzeyin üstüne çıkarsa, beyin bu sefer damarlara genişlemelerini emreder, böylece damarların kesiti artacağından sistem basıncı düşer.

1.4 İnsan-Enstrumantasyon Sistemi

Yaşayan organizmalarla ilgili büyüklüklerin ölçülmesinde, ölçüm sistemiyle obje arasındaki etkileşim nedeniyle, üzerinde ölçüm yapılan insanın da ölçüm sisteminin bir parçası olarak dikkate alınması gerekir. Bunun anlamı, ölçülen büyüklüklerin gerçek büyüklükleri gösterebilmesi için yaşayan organizmanın iç yapısı ve özellikleri, ölçüm sisteminin tasarımı ve uygulanması sırasında dikkate alınmalıdır.

Üzerinde ölçüm yapılan insan organizması ve ölçümü yapan ölçü sistemi ile birlikte oluşan tüm sisteme **İnsan-Enstrumantasyon Sistemi** adı verilir.



İnsan-Enstrumantasyon sistemi

Bir insan-enstrumantasyon sistemdeki temel bloklar herhangi bir enstrumantasyon sistemindeki temel blokların aynıdır. Aradaki tek fark üzerinde ölçüm yapılan objenin insan olmasıdır. Sistem aşağıdaki bloklardan oluşur:

Obje: Özerinde ölçüm yapılan canlı organizma.

Uyarıcı : Bazı ölçümlerde bir dış uyarıcıya karşı gösterilen tepkinin ölçülmesi istenir. Uyarıyı üreten ve objeye uygulanmasını sağlayan ünite bu sistemin temel parçalarından biridir.

Dönüştürücü : Dönüştürücüler, ölçülen büyüklüğü elektriksel işarete çevirmek amacıyla kullanılır. Dönüştürülen büyüklük, sıcaklık, basınç, akış, veya herhangi bir fizyolojik büyüklük olabilir. Dönüştürücü çıkışı daima elektriksel bir işarettir.

İşaret işleme : Bu ünite, dönüştürücü çıkışındaki işaretin, görüntüleme ve kaydetme ünitelerine uygulanabilmesini sağlamak amacıyla işaret üzerinde yapılması gerekli işlemleri gerçekleştirir.

Görüntüleme ünitesi : Bu ünitenin çıkışı genellikle görüntü veya ses şeklindedir. Görüntüleme ünitesinde ölçülerin sürekli

saklanması sağlamak amacıyla bir grafik kaydedici de bulunabilir.

Kaydetme, veri işleme ve gönderme ünitesi: Bu ünite verilerin daha sonra kullanılması veya başka bir yere gönderilmesi amacını sağlar. Bilgilerin otomatik depolanması ve işlenmesinin istenmiş olduğu durumlarda veya ölçüm sisteminde bilgisayar kullanılmış olması durumunda gerçek zamanda çalışan bir bilgisayar bu sistemin bir parçası olabilir.