



TIBBİ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ PROGRAMI



MANYETİK REZONANS CİHAZI ÇEKİM TEKNİKLERİ

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME (MRG)

Manyetik rezonans görüntüleme, doktorunuza tanı koymada ve tedaviyi yönlendirmede yardımcı olan, çoğunlukla ön hazırlık gerektirmeyen, ağrısız bir yöntemdir. Manyetik rezonans görüntüleme cihazı organların, yumuşak dokuların, kemiklerin ve diğer tüm iç yapıların görüntülerini oluşturmak için güçlü bir manyetik alan ve radyo dalgaları kullanır, dolayısıyla direkt grafi ve bilgisayarlı tomografi gibi tetkiklerde kullanılan iyonize radyasyonu içermez.

MR cihazı nasıl çalışır?

MR'da hasta güçlü bir manyetik alan bulunan büyük bir mıknatıs içerisine yerleştirilir ve üzerinde radyofrekans dalgaları gönderilir. Radyofrekans dalgaları vücuttaki hidrojen atomu protonlarını uyarır. Uyarılan protonların ortaya çıkardığı sinyaller özel antenlerle toplanır ve yüksek kapasiteli bilgisayarlarda işlenerek vücudun kesitsel görüntülerini oluşturur. Bu şekilde vücut kesimleri farklı planlarda (sağdan sola, önden arkaya, yukarıdan aşağıya) ince kesitler halinde gösterilebilir.

Hangi durumlarda MRG yapılır?

MRG tetkikleri diğer görüntüleme yöntemleri ile iyi değerlendirilemeyen yumuşak doku hastalıklarında özellikle beyin-omurilik, boyunla ilgili hastalıklarda ve kas-iskelet sistemi ile ilişkili hastalıklarda kullanılan en gelişmiş kesitsel görüntüleme yöntemidir. Ayrıca karaciğer, pankreas gibi karın içi organlarda, kalp ve damar hastalıklarında da güvenle kullanılır.

MRG'nin Kullanıldığı Alanlar

- Orbita: Yumuşak doku kontrast çözünürlüğünün yüksek olması, kemik artefaktlarının söz konusu olmaması nedeniyle MRG ile optik foramen, kavernöz sinüs oluşumları, optik traktüsün intrakranial bölümü ve tüm oküler yapılar iyi bir şekilde demonstre edilmektedir.
- Beyin: Travmaya sekonder yapılan araştırmalar dışında MRG, beyinde temel inceleme yöntemi hâlini almıştır.
- Hipofiz: Hipofiz küçük bir yapı olması sebebiyle görüntülemeye kullanılmaktadır.
- Temporal Kemik: Kemik dışı patolojik oluşumların araştırılmasında MRG, yüksek yumuşak doku kontrastı, kemik görüntüde herhangi bir artefakt oluşturmaması ve multiplanar görüntülemeye olanak tanınması nedenleriyle temel inceleme yöntemi olarak kabul edilmektedir.
- Paranasal Sinüsler: Özellikle inflamatuvar ve tümoral lezyonların araştırılmasında sıklıkla başvurulan bir yöntemdir.
- Nazofarinks ve Farinks: Nazofarinks ve farinks yumuşak doku yapılarının incelenmesinde MRG, en verimli inceleme yöntemidir.

MRG'nin Kullanıldığı Alanlar

- Larinks: Larinks incelenmesinde, multiplanar görüntü yapılabilmesi tümoral oluşumun yayılımı
- Tiroid: MRG, tümoral oluşumların sınırlarının, çevre dokularla ilişkisinin, invazyonunun belirlenmesinde ve cerrahi girişimin planlanmasında büyük önem taşır. Ayrıca MRG,
- Servikal vertebral kolon ve spinal kanal
- Torakal vertebral kolon ve spinal kanal
- Lomber vertebral kolon ve spinal kanal
- Temporomandibular eklem
- Omuz
- Diz
- Kalça
- Toraks
- Üst abdomen
- Alt abdomen
- MR kolonjografi (MRKP)
- Meme
- Prostat
- incelemelerinde kullanılmaktadır

MRG'nin Avantajları Nelerdir?

- MRG'de radyasyon yoktur, o yüzden radyasyonun yan etkilerine maruz kalınmaz.
- Vücuttaki beyin, kalp, karaciğer, omurilik, kas gibi yumuşak dokular diğer görüntüleme yöntemlerine göre daha detaylı olarak değerlendirilir.
- MRG ile organların anatomik yapılarının yanında fonksiyonları da incelenir.
- MRG'de kullanılan kontrast maddelerin (yani vücuda damar yolu ile verilen ve hastalıkların daha net olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan ilaçların) alerjik yan etkisi riski, röntgen ve bilgisayarlı tomografide kullanılan kontrast maddelerin yan etkisi riskine göre daha azdır.
- MRG, kalp ve kardiovasküler sistem hastalıklarının tanısında hızlı, yan etkisiz bir seçenek oluşturmaktadır.
- MRG, kanser tanısında çok etkili bir inceleme yöntemidir.

MRG'nin Dezavantajlar Nelerdir?

- Kalp pili, manyetik alana duyarlı metal tıbbi yardımcı araç bulunan kişilere MRG işlemi mutlaka gerekmedikçe yapılmamalı ve bu hastalar alternatif görüntü yöntemleri ile değerlendirilmelidir.
- Vücutta fark edilmemiş bir metal cisim, güçlü manyetik alandan etkilenerek hastaya zarar verebilir.
- MRG güvenli bir yöntemdir; ancak gebe ve fetus için ne kadar güvenli olduğu konusunda yeteri kadar bilgi olmadığından, gebeliğin ilk 12 haftasında çok gerekmediği sürece kullanılamaz. İkinci ve üçüncü üç aylık dönemde doktorunuz gerekli görürse MRG yapılabilir.

MR Güvenliği

Yüksek manyetik alan bulunduğundan, bazı durumlarda MRG yapılması uygun değildir. Bu durumlardan herhangi birine sahip bir hasta geldiğinde MRG çekimini gerçekleştiremeyebilirsiniz.

- Kalp pili
- Nörostimulatörler
- Anevrizma klipsleri
- Yapay kalp kapakları
- Damar grefti veya stenti
- İnsülin pompası gibi ilaç infüzyon seti
- Kohlear implant (İç kulak protezi)
- Metalik implant veya protez

Bu durumlar dışında kapalı yerde kalma korkusu olan (klostrofobi), metal işlerinde çalışan , önceden vücudunuza şarapnel ya da kurşun yaralanması olan, böbrek hastalığı, hamile veya hamilelik şüphesi olan hastaları, daha önceden yaptırdığı tetkik sırasında gadolinyum içeren MRG kontrast maddesine alerjisi olduysa da belirtmelerini hastalardan istemelisiniz

Bazı hastalarda işlem sırasında kapalı yer korkusu (klostrofobi) gelişebilir. Bu durumda sakinleştirici ilaç uygulaması yararlı olabilir. Metal, şarapnel ve kurşun parçalarının manyetik alan içinde hareket etmesi ve hastaya zarar vermesi ihtimali vardır. Böbrek hastalığı normalde MRG tetkikinin yapılmasına engel değildir, ancak kontrast madde verilmesi gerekli olduğunda, kan testleri ile hastanın böbrek fonksiyonunun kontrast maddenin atılımını sağlayacak kadar yeterli olduğundan emin olmak gerekir.

MRG'nin gebe ve fetus için ne kadar güvenli olduğu konusunda yeteri kadar bilgi olmadığından, gebeliğin ilk 12 haftasında çok gerekmediği sürece kullanılmaz. İkinci ve üçüncü üç aylık dönemde doktorunuz gerekli görürse MRG yapılabilir. Gebe hastalara paramanyetik kontrast madde verilmemelidir.

Emziren kadınlarda kontrastsız MRG incelemesi yapılmasında sakınca yoktur. Kontrastlı inceleme yapılmış olan emziren kadınlara, ilaç süt ile bebeğe geçtiği için, incelemeden sonraki 24-48 saat süt vermemeleri istenir.

MRG'den önce ne yapılması gerekir?

Genel olarak MRG çekimi özel bir hazırlık gerektirmez. Ancak abdomen MRG için 6-8 saat açlık sonrası gelmeniz tavsiye edilir. Aksi söylenmediği takdirde devamlı kullandıkları ilaçları almalarında sakınca yoktur

MRG çekiminden sonra yapılması gerekir?

Kontrast madde verilmesi halinde su içerek kontrast maddenin vücudunuzdan atılımını kolaylaştırabilecekleri hastaya söylenmelidir. (Böbrek yetmezliği yapabilir ilaç)

Kontrasta bağlı alerjik reaksiyon son derece nadir görülür. Ancak, deride kızarıklık, kaşıntı, nefes darlığı gibi belirtiler görüldüğü takdirde acil müdahale edilmeli, hastaneden çıktıktan sonra bu belirtiler ortaya çıkarsa en yakın hastaneye başvurmaları gerektiğini hastaya söylemelisiniz.

Klostrorobi nedeniyle sakinleştirici ilaç yapıldıysa hasta araba kullanmamalıdır.

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME (MRG):

- Manyetik rezonans manyetik titreşim anlamına gelir.
- Cihaz manyetik alan altında atomların manyetik alan yönüne yönelmesi ve belirli bir frekansta salınım yapmalarına dayanır.
- Üzerlerine Radyo Dalgaları uygulanan bu atomlar belirli bir frekansta bu radyo dalgalarını geri yansıtacaklardır. Bu yansıyan dalgaları alan MR cihazı görüntülerini oluşturur.

- Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), canlıların iç yapısını görüntüleme amacıyla daha çok tıpta kullanılan bir yöntemdir.
- Dokudaki hidrojen atomlarının yoğunluklarına ve hareketlerine göre görüntü oluşturur.
- MR'da radyasyon kullanılmaz, onun yerine manyetik alanla vücuttaki hidrojen atomlarının çekirdeklerindeki proton uyarılır.
- MR cihazında dünyanın manyetik alan gücünün yaklaşık 20 bin katı bir manyetik alan kullanılır.
- MR cihazları 0.2 Tesla ile 3 Tesla arasında manyetik alan gücüne sahip cihazlardan oluşmaktadır.
- MR görüntülemenin, canlı organizma üzerinde şu ana kadar kanıtlanmış herhangi bir zararı yoktur.Çünkü MR; manyetik kuvvet ve radyo dalgaları yardımıyla vücut doku ve organlarını görüntüleyen bir yöntemdir.

- Cihazında bulunan güçlü mıknatıslar, insan hücrelerinde bulunan atom çekirdeklerinin titreşim yapmasını sağlayacak alanlar yaratır.
- Titreşen atomlar üzerine gönderilen radyo dalgaları onların salınım yapmalarını sağlayacak ve bu salınımların sonucunda bu atomlar bir radyo dalgası yayılımı yapmaya başlayacaklardır.
- Bu yayımlanan dalgalar bir bilgisayar yardımıyla hareketsiz veya hareketli 3 boyutlu görüntüler oluşturur.

- Manyetik rezonans cihazını incelediğimizde cihazın 3 ana kısımdan oluştuğunu görürüz. Bu kısımlar;
 - **Magnet**
 - **Kabinetler**
 - **Görüntü İşlem ve Operatör Bilgisayarları**
- Bu kısımlardan ilki ***Magnettir***. Magnetler cihaz çeşitlerine göre değişiklik gösterse de amaç düzgün ve görüntü alabilecek bir stabil manyetik alan yaratmaktır.
- Oluşturulan bu manyetik alanın içerisine hasta sokulur ve görüntü alımı için RF sinyalleri uygulanır. Adından da anlaşılacağı üzere magnet MR cihazının en önemli bileşenidir.
- Aslında magnet ilkesi çok basittir. Manyetik alanın en kolay yaratılabileceği yöntem mıknatıslardır.
- İşte adını bu mıknatıstan alan magnet, basit olarak sadece manyetik alan yaratmada kullanılır.

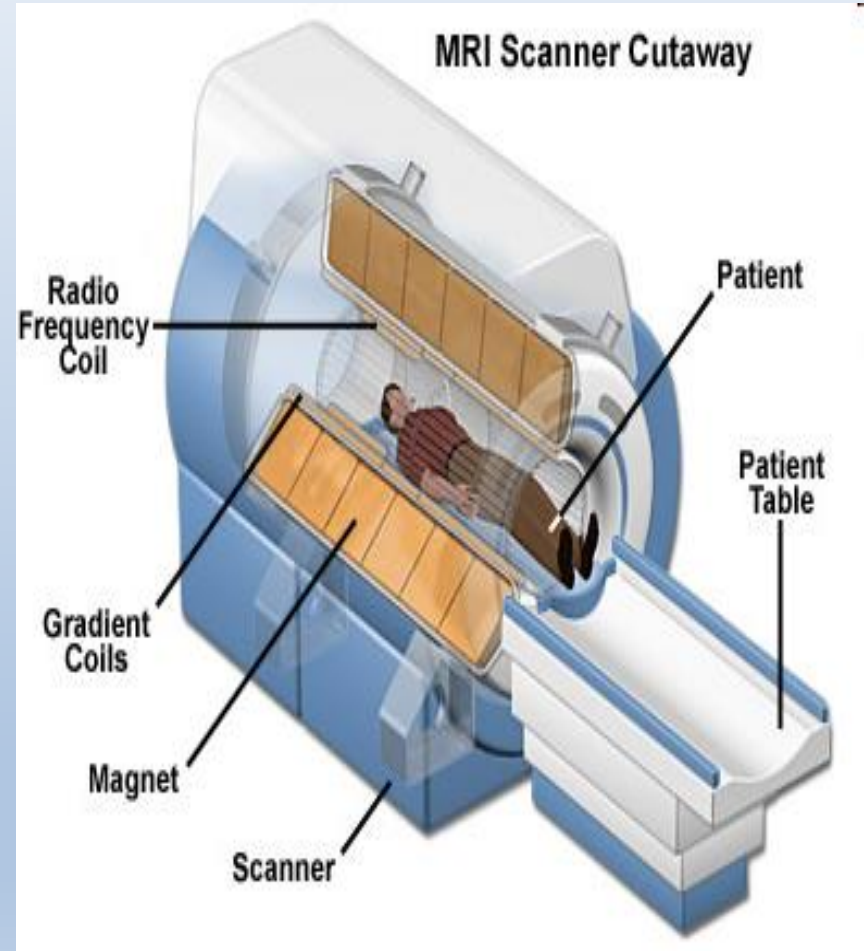
- Cihazın ikinci bileşeni olan **kabinetler**, magnetin devirdaim sürekliliğini sağlayan komponentleri taşırlar, bunun yanında görüntü bilgisayarı ile magnet veri akışı için arayüzü oluşturur.
- Kabinetlerde magnette bulunan helyum pompasının kontrol kartları, MR cihazına güç sağlayan kaynaklar ve onların kontrol kartları, RFkartları ve beslemeleri bulunur.
- Cihazın üçüncü ve son bileşeni ise **Görüntü İşlem ve Operatör Bilgisayarlarıdır**. MR cihazında bu bilgisayarların sayısı ikidir.
- Bu bilgisayarlar MR cihazının görüntülerini oluşturan ve cihazın ana bileşenlerinden birisidirler.
- MR cihazının ürettiği verileri görünür ve elle tutulur hale getiren parçalardır

- Dışarıdan uygulanan manyetik alan süperiletken bobin sistemleri tarafından sağlanır.
- MRG cihazı hastanın görüntü alınacak bölgesine odaklanarak taranır.
- Bu taramada her protonun dönme frekansı ile belirli bir sinyal alınır.
- Her noktadan alınan sinyaller elektronik ve bilgisayar teknolojisinin yardımı ile görüntü oluşturacak şekilde ekrana aktarılır.

Günümüzde MR özellikle yumuşak dokuları görüntüleme de kullanılır.

- Merkezi sinir sistemi,
- Beyin ve omurilik hastalıklarının teşhisinde,
- Sporcu yaralanmalarında,
- Kas iskelet sistemi, özellikle menisküs,
- Bel fıtığı gibi rahatsızlıkların tespitinde sıkça kullanılmaktadır.

- Cihazın RF coillerinden alınan veriler iletim hatları aracılığıyla Görüntü İşlem Bilgisayarına gelir.
- Bu bilgisayar bir tür sinyal işleyicisi olarak çalışır ve gelen bu sinyalleri yorumlar.
- Yorumlanan bu sinyallerden görüntüleri oluşturarak çıkışında bağlı olan Operatör Bilgisayarına iletir.
- Bu bilgisayardan görüntüler üzerinde ayarlamalar yapılabilir, bu görüntülerin çıktıları alınabilir ya da sekanslar tekrarlanabilir.



- MR yumuşak dokularda maksimum kontrastlama ve görüntüleme yeteneğine sahiptir. Bu sayede MR ile yumuşak dokulardaki lezyon ve patolojik dokular kolayca incelenebilir

- MR ile diğer yöntemlerin aksine hastanın herhangi bir şekilde pozisyonu değiştirilmeden kesit planı değiştirilebilmektedir. Buna **multiplanar görüntüleme** denir. Yöntemin bu özelliği, görüntünün elde edilme tekniğinin diğer inceleme yöntemlerine göre farklı olmasından kaynaklanır.
- Diğer inceleme yöntemlerinde (özellikle BT gibi) hastanın pozisyonunu değiştirmek zorunda olduğumuzdan dolayı inceleme sagittal (z ekseniyönü) veya oblik (y ekseniyönü) gibi planlarda yapılamazken bu yöntemle (MRG) hastanın pozisyonu hiç değiştirilmeden her planda kolaylıkla kesit alınabilmektedir.
- Bu özellik lezyonun üç boyutlu lokalizasyonu açısından değerli bilgiler verir ve hastanın inceleme sırasındaki rahatsızlığını önler.

- Bu yöntemde **iyonizan radyasyon kullanılmaz**





İlk MR Cihazı
Bloch ve Percele 1952 de nobel
tıp ödölünü kazandırmıştır.

Magnet Tipleri

- Permanent tip magnet
- Resistif tip magnet
- Süperiletken magnet : elektromagnettir
helyumlu soğutma sistemi
çok güçlü

Günümüzde çok fazla kullanılan Rezistif ve Süper İletken Magnetlerdir

- **Rezistif Magnetler:** Bu mıknatıslarda manyetik alan sanal bir iletken üzerinden akım geçirilmesiyle sağlanır. Oluşturdukları ısı ve elektriksel kayıp oranlarından dolayı pratik alan şiddeti 0,2 T ile sınırlıdır. Bu tür mıknatısların bir dezavantajı ise yüksek miktarda elektriğe ihtiyaç duymalarıdır. Oldukça kolay ve ucuz bir şekilde üretilebilmeleri en önemli yararlarından biridir

- • **Süper İletken Magnetler:** Süper iletkenlik yasası; “Mutlak Sıfıra (-2730C, 00 K) soğutulmuş iletkenlerin direnci sıfır olur.” der. Bu magnetler bir tank içerisine iletken sargıların döşenmesi ile kurulur. Sargı döşeli bu tank içerisindeki iletkenlerin mutlak sıfır sıcaklığına indirebilmek için sıvı Helyum (He) kullanılır. Sıvı He -2690C’dir ve çok yüksek basınç uygulandığında oda sıcaklığında da sıvı halde kalabilir. İşte bu çok yüksek basınca dayanıklı tanka sıvı helyum depolandığında sargıların sıcaklığı mutlak sıfıra çok yakın bir sıcaklık olan -2690C ye soğumuş olur. Bu sıcaklıkta sargıların iç direnci yok denecek kadar azdır.

Kontraendikasyonları

- Kardiyak Pacemaker
- Kohlear İmplant
- MR uyumsuz protez
- Metalik yabancı cisimler
- MR uyumsuz anevrizma klipsleri
- Hamilelerde ilk üç ay (sonrasında doktor izniyle)
- Hareket duyarlı olması nedeniyle çocuklarda ve klostrifobiklerde sedasyon ihtiyacı!!

- Hastalara MRG cihazına yatırmadan önce mutlaka
- Kalp pili kalp kapağı protez anevrizma klipsi gibi ameliyatla takılmış yabancı cisim var mı ?
- Sorusu sorulmalıdır.
- Hastalara/yakınlarına aydınlatılmış onam formu okutulup imzalatılmalıdır.

Teşekkürler



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

SHMY131 ELEKTRİK ELEKTRONİK

Dr.Öğr.Üyesi SİMGE ATEŞ



- ÖĞRETİM GÖREVLİSİ: Simge ATEŞ

simgeates@baskent.edu.tr

- DERS SAATİ: Salı 09.00-10.50
- ÖNERİLEN KAYNAKLAR:

Temel Elektrik-Elektronik- Demirel H. (2010). Birsen Yayınevi. İstanbul.



Sınav

- Ara Sınav (%50)
- Final (%50)



DERS PLANI

1. Hafta	Maddenin Yapısı, Elektrostatikte Temel Kavramlar
2. Hafta	Coulomb kanunu
3. Hafta	Elektrik alan, Elektriksel potansiyel
4. Hafta	Elektrik devresi ve devre elemanları
5. Hafta	Elektriksel enerjisi; tanımı ve çeşitleri
6. Hafta	Doğru akım devreleri, Ohm Kanunu
7. Hafta	Dirençlerin seri ve paralel bağlanması
8. Hafta	Kirchoff Kanunları
9. Hafta	Kirchoff Kanunları
10. Hafta	Alternatif akım
11. Hafta	Alternatif akım
12. Hafta	Elektrik akımının etkileri



Ölçme ve Birim Sistemleri, Skaler ve Vektörel Nicelikler



Ölçme ve Birim Sistemleri, Skaler ve Vektörel Nicelikler

Sayma-----Nicelleme işlemi

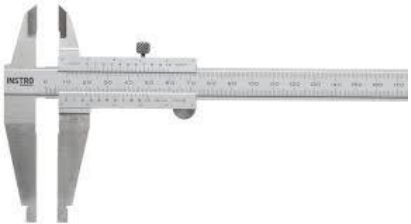
Ölçme-----Miktar belirleme metodu

Doğruluk-----Ölçülen değerin gerçek değerden farkı

Hassaslık-----En yakın iki bölme aralığının yarısı



1mm aralıklı cetvel için hassaslık 0.5mm



0.1mm aralıklı verniyerli kumpas için hassaslık 0.05mm



Temek Büyüklükler (SI)

Büyüklük	Birimi	Sembolü
Uzunluk	Metre	m
Kütle	Kilogram	kg
Zaman	Saniye	s
Elektrik akımı	Amper	A
Sıcaklık	Kelvin	K
Madde miktarı	Mol	mol
Işık şiddeti	Kandela	cd



Temek Büyüklükler (SI)

Büyüklük	Birimi	Sembolü
Uzunluk	Metre	m
Kütle	Kilogram	kg
Zaman	Saniye	s
Elektrik akımı	Amper	A
Sıcaklık	Kelvin	K
Madde miktarı	Mol	mol
Işık şiddeti	Kandela	cd

Türetilmiş Büyüklükler;

Kuvvet Birimi Newton: $N = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



Birim Çevirme



Birim Çevirme

1 in = 2,54 cm

1 ft = 0.3048 m



Birim Çevirme

$$1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

Örn: 100 ft/h 'i m/s cinsinden yazınız.



Birim Çevirme

$$1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

Örn: 100 ft/h 'i m/s cinsinden yazınız.

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m ve } 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$



Birim Çevirme

$$1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

Örn: 100 ft/h 'i m/s cinsinden yazınız.

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m ve } 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$100 \frac{\text{ft}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{ft}}{\text{h}} \times 0,3048 \frac{\text{m}}{\text{ft}} \times \frac{\text{h}}{3600\text{s}} = 0.00762 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Skaler ve Vektörel Nicelikler



Skaler ve Vektörel Nicelikler

Fizikte sadece büyüklükleri ile tanımlanan niceliklere "**skaler**" nicelikler denir. Sıcaklık, kütle, enerji bunlardan bazılarıdır.

Büyüklük yanında ayrıca yön bilgisi içeren veya gerektiren diğer fiziksel niceliklere ise "**vektörel**" nicelikler denir. Yer-değiştirme, hız, ivme, kuvvet bunlardan bazılarıdır.



Vektörler



$$\vec{F}_1 = \vec{AB} \quad \text{vektör}$$

$$F_1 = |AB| \quad \text{büyüklük}$$



Vektörlerin Toplanması ve Çıkarılması

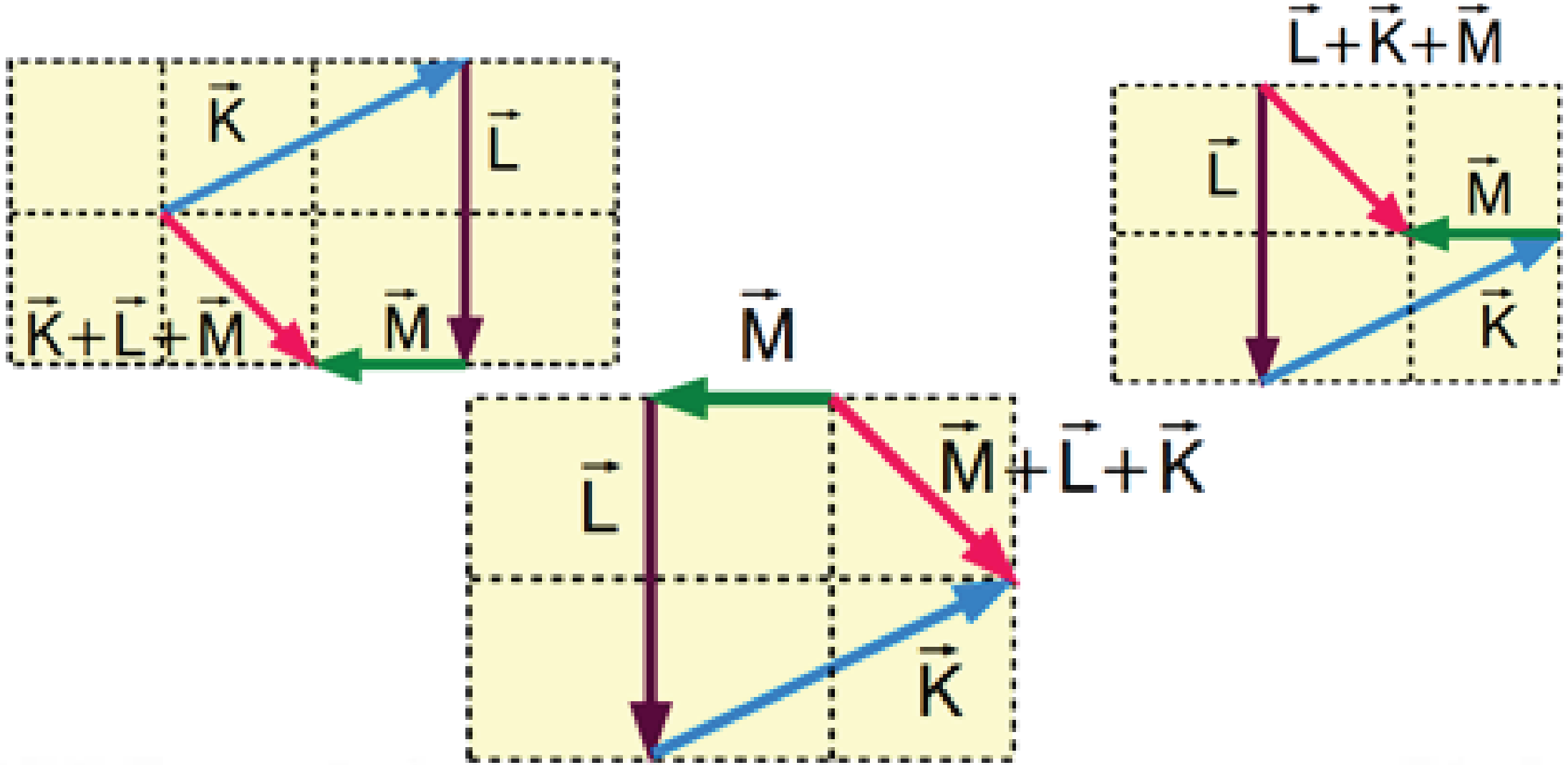
$$\begin{array}{c} 10 \\ \hline \longrightarrow \\ \mathbf{A} \end{array} + \begin{array}{c} 5 \\ \hline \longrightarrow \\ \mathbf{B} \end{array} = \begin{array}{c} 15 \\ \hline \longrightarrow \\ \mathbf{R} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 10 \\ \hline \longrightarrow \\ \mathbf{A} \end{array} - \begin{array}{c} 4 \\ \hline \longrightarrow \\ \mathbf{B} \end{array} = \begin{array}{c} 6 \\ \hline \longrightarrow \\ \mathbf{R} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 10 \\ \hline \longrightarrow \end{array} + \begin{array}{c} 4 \\ \hline \longleftarrow \end{array} = \begin{array}{c} 6 \\ \hline \longrightarrow \end{array}$$

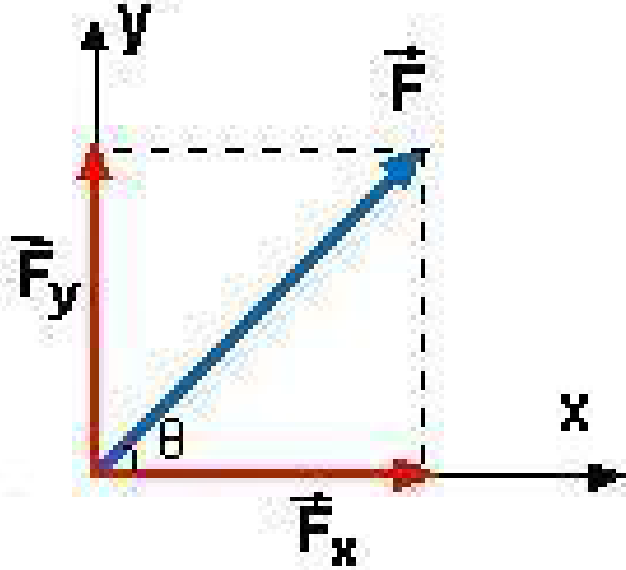


Vektörlerin Grafik Olarak Toplanması





Vektörlerin Dik Bileşenleri

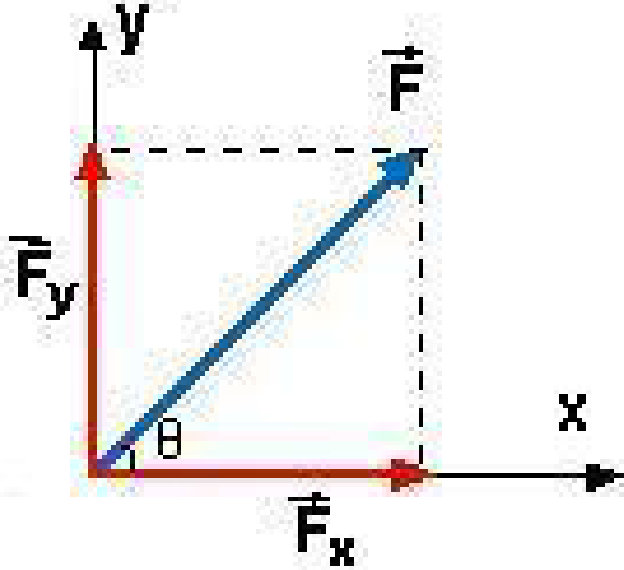


$$\vec{F}_x = F \cos \theta \hat{x}$$

$$\vec{F}_y = F \sin \theta \hat{y}$$



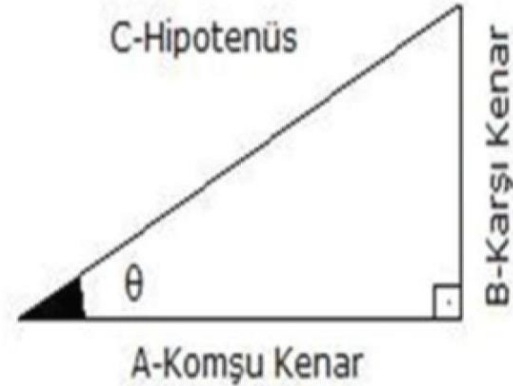
Vektörlerin Dik Bileşenleri



$$\sin \theta = \frac{\text{Karşı K.}}{\text{Hipotenüs}} = \frac{B}{C}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{Komşu K.}}{\text{Hipotenüs}} = \frac{A}{C}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{Karşı K.}}{\text{Komşu K.}} = \frac{B}{A}$$



$$\vec{F}_x = F \cos \theta \hat{x}$$

$$\vec{F}_y = F \sin \theta \hat{y}$$

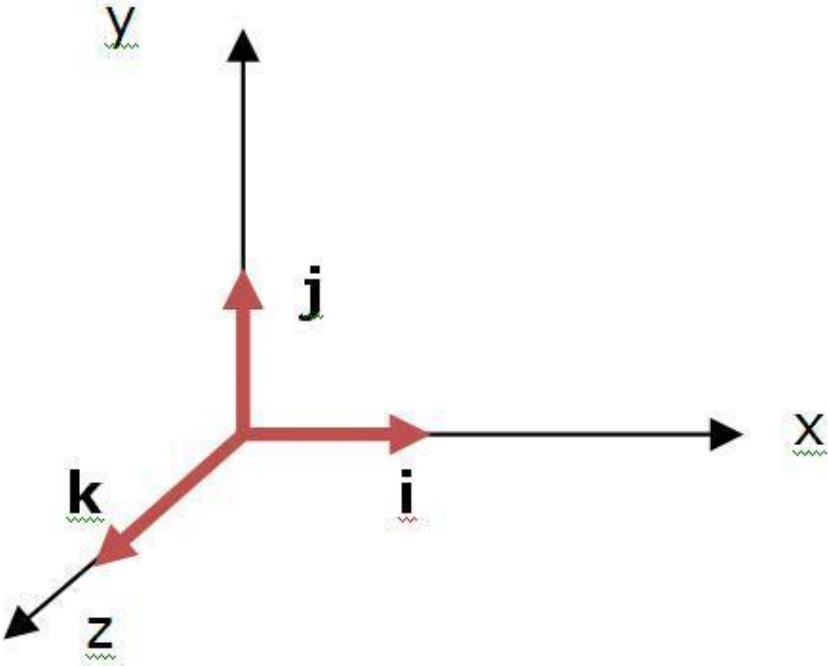
$$\theta = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}$$



Vektörlerin Dik Bileşenleri

$$\mathbf{F} = F_x \mathbf{i} + F_y \mathbf{j} + F_z \mathbf{k}$$

$$\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$$





Vektörlerin Trigonometrik Olarak Toplanması

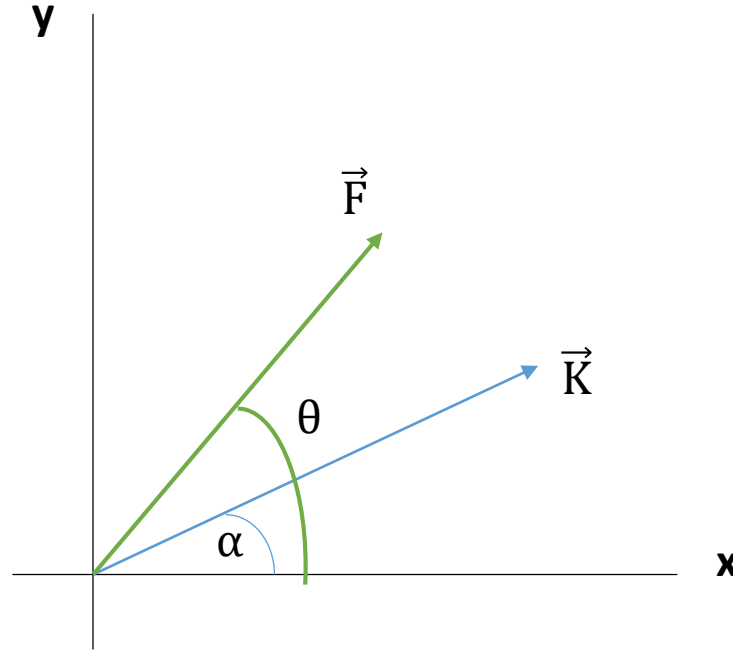
$$\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j}$$

$$\vec{K} = K_x \hat{i} + K_y \hat{j}$$

+

$$\vec{R} = R_x \hat{i} + R_y \hat{j}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$



$$\vec{F}_x = F \cos \theta \hat{i}$$

$$\vec{K}_x = K \cos \alpha \hat{i}$$

$$\vec{F}_y = F \sin \theta \hat{j}$$

$$\vec{K}_y = K \sin \alpha \hat{j}$$



Vektörlerin Trigonometrik Olarak Toplanması

$$\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$$

$$\vec{K} = K_x \hat{i} + K_y \hat{j} + K_z \hat{k}$$

+

$$\vec{R} = R_x \hat{i} + R_y \hat{j} + R_z \hat{k}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$