

Elektrokardiyografi

*Erdem ORAM**

Elektrokardiyografi (EKG), kalpte mekanik kasılmaya neden olan elektriksel aktivitenin vücut yüzeyine yerleştirilen elektrodlar aracılığı ile kaydedilmesidir. Kalp hücrelerinin elektriksel uyarımına 'depolarizasyon' ve tekrar istirahat durumuna dönmeye 'repolarizasyon' denir. Elektrokardiyogram (EKG), geniş atrium ve ventrikül fibril kitlelerinin senkronize depolarizasyon ve repolarizasyonu sonucu ortaya çıkan elektrik, akımlarını spesifik dalgalar şeklinde (P, ORS, T, u gibi) gösterir.

Bir EKG tetkiki olmadan, bir kalp muayenesi tam yapılmış sayılamaz. EKG'nin bize tanıda yardımcı olduğu başlıca hastalıklar şunlardır:

A— Aritmiler: Aritmilerin hemen tümünde EKG doğru tanı konmasına yeterlidir. Çok seyrek olarak daha ileri bir araştırma gerekebilir.

B— Koroner Arter Hastalıkları: Koroner Arter hastalıklarının ve özellikle miyokard infarktüsünün tanı ve takibinde EKG'nin önemli yeri vardır.

C— Ventrikül Hipertrofileri (ve Atriyum Dilatasyonları): Sol ve sağ ventrikülün hipertrofinde (ve sol ve sağ atriyumun dilatasyonunda) EKG bize yardımcı olur. Bu tanıda EKG'nin güvenilirliği daha kısıtlıdır.

D— Diğer:

1. Önemli hipotiroidi, akut perikardit, cor pulmonale gibi bazı hastalıkların tanısında,

2. İlaç etkisi: Digitalis, Kinidin ve diğer bazı ilaçların yaptığı EKG değişikliklerinin tanımında,

3. Elektrolit bozuklukları: Öncelikle hipo ve hiperpotasemi, hipo ve hiperkalsemi tanısında EKG çok yardımcı olur. Memleketimizde bir çok yerde bu elektrolitleri, laboratuvarında araştırmak olanağı bulunmadığından, EKG bu konularda pratik önem taşır.

EKG kalpde pompa yetmezliğini göstermez. Kalp yetmezliği bulunan bir kişide EKG normal görülebilir. Bunun yanında Koroner arter hastalıklarında, özellikle angina pectoris'te, angina nöbeti dışında, EKG nor-

mal olabilir. Bu nedenle sadece normal görülen bir EKG'ye güvenerek, "Hastanın kalbi normaldir" tanısı kesinlikle konmamalıdır. EKG de, diğer laboratuvar tetkikleri gibi, hastanın kliniği ile beraber olarak değerlendirilmelidir.

HÜCRE İÇİ ELEKTROGRAMI

Kalpde özel fonksiyonları bulunan üç tip hücre vardır: Bir grup hücrenin başlıca fonksiyonu uyarı doğurmaktır (pacemaker hücreleri); bir başka grup hücre primer olarak iletim görevini üstlenmiştir (Purkinje hücreleri); üçüncü grup ise mekanik kasılma işini yaparlar.

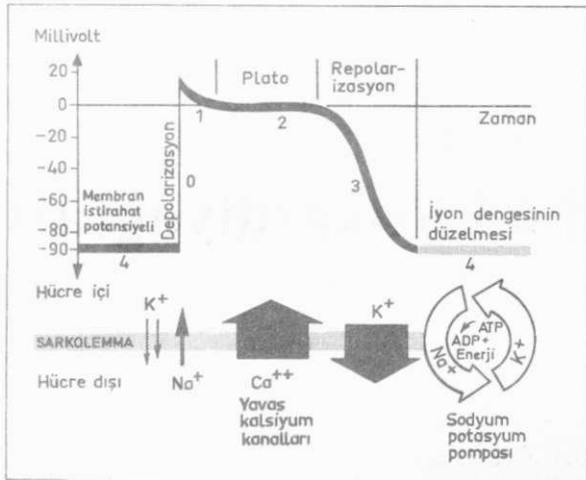
Her kalp atışı yani kasılması, bir elektriksel uyarı tarafından başlatılır ve EKG'yi meydana getiren de işte bu elektriksel olaydır. Her kalp döneminde kalp hücrelerinde meydana gelen elektriksel potansiyel değişikliklerinin mikroelektrodlar aracılığı ile ölçülebilmesi, klinik elektrokardiyografinin daha iyi anlaşılmasında önemli bir etken olmuştur.

İstirahat halindeki kalp hücresi polarizedir; hücre dışında (+), içinde ise (−) elektrik yükü vardır. Hücre içinde yaklaşık − 90 mV'luk bir elektrik potansiyel farkı kaydedilir. Bu elektriksel yük farkı hücre içi ve dışındaki iyonların yarattığı iyonik gradyentten kaynaklanır. Hücre zarı, istirahatte elektrolit geçimine olanak vermez; hücre içinde fazla miktarda potasyum, hücre dışında ise fazla miktarda sodyum bulunur.

İstirahat halindeki hücre içinden mikroelektrod aracılığı ile ölçülen − 90 mV'luk elektriksel potansiyele "transmembran istirahat potansiyeli" adı verilir. Hücre zarının iyon geçirmezliğinin kimyasal, elektriksel ya da mekanik bir uyarı ile bozulması halinde oluşan iyon hareketlerinin doğurduğu elektriksel potansiyel değişikliğine "Aksiyon potansiyeli" denilir.

Aksiyon potansiyeli eğrisinde transmembran iyon akışına ait beş dönem görülür; bunlar faz 0, 1, 2,

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı (İğretim Üyesi)



Şekil - 1. Bir kalp döneminde kalp hücresinde meydana gelen elektriksel potansiyel değişiklikleri (Aksiyon potansiyel eğrisi).

3, 4 olarak adlandırılır (Şekil - 1). İlk dönemde (Faz 0) hücre zarının sodyum (Na⁺) geçirmezliği, özel Na⁺ kanallarının açılması ile birden azalır. Hücre dışında bol miktarda bulunan Na⁺, gradient farkı ile hücre içine girer ve hücre içi negatifliği hızla azalır. Böylece hücre polarize durumdan çıkar (Faz 0: Depolarizasyon). Hatta hücre içi hücre dışına göre + 10 mV daha pozitif olur. Na⁺ hücre içine süratle girdiğinden bu giriş kanallarına "hızlı kanallar" adı verilir. Bu kanalların kapanması ile membran potansiyeli tekrar sıfıra döner. (Faz 1: erken repolarizasyon). Yavaş Ca⁺⁺ kanalları açılır ve iyonik gradiyente bağlı olarak bu kanallardan hücre içine Ca⁺⁺ girer. Ca⁺⁺ girişine karşı hücre içinde bir miktar K⁺ çıkarak bir plato oluşur (Faz 2: yavaş repolarizasyon). Ca⁺⁺ kanallarının kapanmasından sonra da K⁺ çıkışı devam eder (Faz 3: Geç repolarizasyon). Tekrar hücre içi (-) duruma gelir (repolarizasyon). Repolarize olan hücre tekrar elektriksel uyarılara cevap vermeye hazır durumdadır (Faz 4: istirahat dönemi). Bu dönemde, hücre içi ve dışı arasındaki iyon konsantrasyonlarının düzenlenmesi, sodyum-potasyum pompası ile sağlanır. Na⁺'nın hücre dışına ve K⁺'nin hücre içine pompalanması için gerekli enerji ATP'nin ADP'ye çevrilmesi ile elde edilir.

Faz 1, 2 ve 3'ün bir kısmında hücre uyanlamaz (Absolü refrakter devre). Faz 3 un sonlarına doğru, istirahat halinde gerekenden daha kuvvetli bir uyarı hücreyi uyabilir (Rölatif refrakter devre). Faz 3 sonunda kısa bir süre, hücre içi negatifliği Faz 4'e göre daha fazla olur. Bu, klinikte süper normal faza uyar.

Pacemaker hücrelerinin aksiyon potansiyeli, normal miyokard hücreleri veya hızlı iletim yeteneği olan hücrelerinkinden farklıdır. En önemli fark faz 4'dedir; Düz çizgi şeklinde değildir ve hücre içi negatiflik gittikçe azalır, eşik potansiyel seviyesine

gelince, kendi kendine depolarize olur. Ayrıca istirahat potansiyeli - 90 mV'u bulmaz. Depolarizasyon sonunda hücre içinin pozitif olması daha az belirgindir. Faz 1, 2 ve 3 birbirinden tam olarak ayırt edilemez. Pacemaker hücreleri sinüs düğümünde, atriyal iletim yollarında, pulmoner ven ağızlarında, A-V düğüm bölgesinde, His huzmesi ve Purkinje liflerinde bulunur.

Tüm kalp hücrelerinin aktivasyonları hızlı olduğundan ve hemen hemen senkron kabul edilebileceğinden, kalp dokusunun elektriksel olaylarını yansıtan EKG ile aksiyon potansiyel fazları arasında şöyle bir ilişki den bahsedilebilir:

Faz 0 - QRS kompleksi

Faz 1 — J Noktası

Faz 2 - ST segmenti

Faz 3 - T dalgası

Faz 4 — T dalgası bitiminden sonraki izoelektrik çizgi.

Miyokard'da Depolarizasyon ve Repolarizasyon

Ventriküllerin depolarizasyon ve repolarizasyonu transvers olarak, yani ventrikül adalesi kalmıgınca endokardiyal ve epikardiyal yüzler arasında oluşur.

Şekil - 2'de ventrikül adalesi, endokarddan epikarda kadar şematik olarak 4 hücre ile gösterilmiştir. Bu hücrelerin çok daha fazla sayıda olduğu düşünülmelidir. İstirahat halinde (transmembran aksiyon potansiyeli faz 4) hücreler polarize durumdadır; hücre zarının dış yüzü (+) iç yüzü (-) yüklüdür. Hücreler arasında elektriksel potansiyel farkı yoktur, elektriksel akım mevcut değildir. Yazıcı pozitif elektrod epikardiyal yüze konulduğu zaman, elektro bir potansiyel kaydetmez, düz çizgi çizer (Şekil - 2, A).

Normal kalpte olduğu gibi endokardiyal yüzden miyokard uyarılınca, birinci hücre depolarize olur ve bir an için hücre içi pozitif, hücre dışı negatif duruma döner. Şekil - 2, B'de hücrelerin 1 den 4'e doğru sıra ile aktive oluşu, yani endokarddan epikarda doğru normal depolarizasyon görülmektedir. 1 ve 2. hücreler aktive olmuştur, 3 ve 4. hücreler henüz istirahattedir. 2. ve 3. hücreler arasında bir dipol meydana gelir. Dipol, iki zıt elektrik yükün birbirine yakın olarak birlikte bulunmasıdır. Epikardiyal yüzdeki elektrod endokarddan epikarda doğru ilerleyen dipol akımının (+) yüzünü görür ve EKG yukarı doğru bir eğri çizer.

Şekil - 2, C'de uyarı epikardiyal yönde daha ilerlemiş ve (+) yüzü elektroda daha yaklaşmıştır; EKG pozitif dalga çizmeye devam eder. Depolarizasyon tamamlandığı anda, hücre dışları arasında potansiyel farkı (dipol) kalmamıştır ve EKG tekrar istirahat halindeki durumuna yani düz çizgiye döner, QRS kompleksi tamamlanmıştır (Şekil - 2, D).

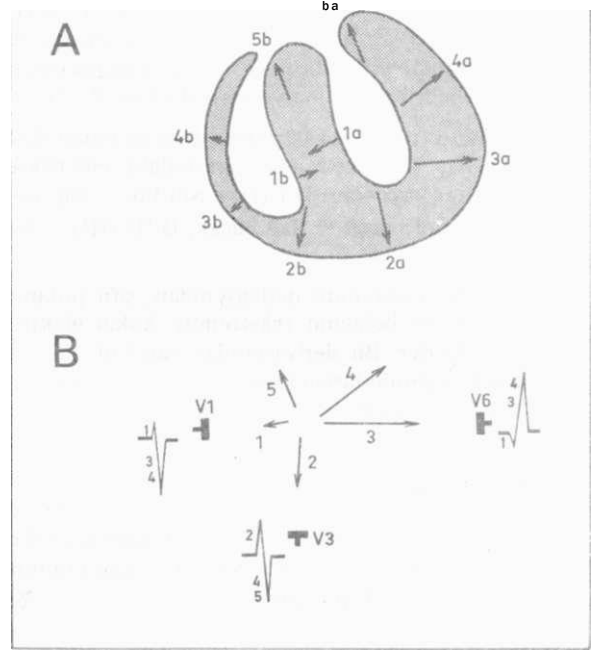
ENDO- KARDİUM	1	2	3	4	EPI- KARDİL
A	+	+	+	+	-
B	+		+	+	J
C	+	+		+	J
D		+	+		A
E	+	+	-	+	A
F	+		+	+	7/1
G					

Şekil - 2. Hipotetik Olarak endokardiyum ile epikardiyuma arasındaki miyokard hücrelerini temsil eden 4 hücrede, depolarizasyon ve repolarizasyon sürecinin oluşum şeması.

Depolarizasyon tamamlandıktan sonra repolarizasyon başlar. Normal kalpte depolarizasyonun endokardiyal yüzden başlamasına karşın, repolarizasyon epikardiyal yüzden başlar. Yani depolarizasyonun başladığı ilk hücre en son repolarize olur. Bunun nedenleri üzerine bazı hipotezler ileri sürülmüştür. Endokardiyal yüzün ventrikülün sistolik basıncı ile etkilendiği, buna karşılık epikardiyal yüzün bir basınç altında olmadığı; koroner arterlerin epikardiyal yüzden ilerlediği için bu kısmın daha iyi beslendiği şeklindeki görüşler, bunlar arasındadır.

Şekil - 2, E'de repolarizasyon başlamıştır ve endokarda doğru ilerlemesine karşın, epikardiyal elektrod yine dipolün (+) yüzünü görmekte ve dolayısı ile (+) bir dalga çizmektedir. Repolarizasyon devam edip sona erdiğinde (Şekil 2, F, G), hücre tekrar istirahat durumuna geçmiştir, dipol yoktur ve EKG düz çizgi çizmektedir. Repolarizasyon dalgası (T dalgası), depolarizasyona göre daha uzun süreli ve daha düşük voltajlıdır. Depolarizasyon ve repolarizasyonun zıt yönlerde oluşu nedeni ile T dalgası, ORS kompleksi ile aynı yönlüdür yani ORS (+) olduğu zaman T dalgası da (+)'dir.

Yazıcı elektrodun endokardiyal yüzde bulunması halinde elektrod dipolün negatif yüzünü göreceğinden



Şekil - 3. Ventrikül depolarizasyonu (A) ve bunlara ait ortalama vektörlerin (B) şematik görünümü.

ORS ve T dalgaları tamamen ters yönde yani (←) olacaktır.

Ventriküllerin Depolarizasyonu

Ventriküllerin depolarizasyonu, septum orta bölgesinin sol tarafından başlayarak transvers olarak soldan sağa doğru yayılır (Vektör 1a, Şekil 3, A). İnterventriküler septumun sağ tarafının aktivasyonu, biraz gecikmeli olarak daha aşağıdan başlayıp ters yönde ilerler (Vektör 1b, Şekil-3, A). Soldan sağa doğru olan septal güç daha büyük ve hakim olduğundan, inisiyal vektör soldan sağa doğrudur (Vektör 1, Şekil -3, B).

Septal aktivasyonu, paraseptal bölgelerin aktivasyonu izler (Vektör 2a ve 2b, Şekil-3, A) ve bunların bileşkesi olan Vektör 2, öne ve aşağı doğrudur (Şekil-3, B).

Sağ ve sol ventriküllerin serbest yüzlerinin aktivasyonuna ait vektöriyel ortalama, kalın sol ventrikül duvarına ait güçlerin hakim olması nedeni ile, sağdan sola doğrudur (Vektör 3 ve 4, Şekil - 3, B).

Kalbin en son aktive olan bölgeleri, sol ventrikül serbest duvarının bazal kısmı, sağ üst septal bölge ve sağ ventrikül çıkış yoludur. Böylece terminal kuvvetler sağa ve yukarıya doğru yönelir.

Derivasyonlar

İnsan vücudu iletken olduğu için, vücudun çeşitli bölgelerine yerleştirilen elektrodlarla kalbin elektriksel akım voltajlarını kaydetmek mümkündür. Bu

amaçla 12 standard EKG derivasyonu kullanılır. Altı ekstremitte derivasyonunda (D-I, D-II, D-III, aVR, aVL ve aVF) elektrodlar kol ve bacaklara, altı prekordiyal derivasyonda ise (V₁ - V₆) göğüs duvarı üzerindeki belirli noktalara yerleştirilir (Şekil - 4).

Standard (bipolar) ekstremitte derivasyonları (D-I, D-II, D-III), iki ekstremitte arasındaki elektriksel voltaj farkını kaydeder: D-I (I) = Sol kol — Sağ kol, D-II (II) = Sol bacak - Sağ bacak, D-III (III) = Sol bacak — Sol kol.

Unipolar ekstremitte derivasyonları, sıfır potansiyeline göre bir bölgenin (ekstremitte kökü) elektrik voltajını ölçerler. Bu derivasyonlar, sağ kol, sol kol, sol baktan alındıklarına göre sırasıyla aVR, aVL ve aVF harfleri ile gösterilir.

Unipolar prekordiyal derivasyonlar (göğüs derivasyonları) göğüs duvarı üzerine yerleştirilen bir elektrod ile kaydedilirler ve horizontal plandaki potansiyel farklarını gösterirler. Göğüs duvarındaki alınma yerlerine göre (genellikle V₁ - V₆, gerektiğinde V₇ - V₉ ve V_{3R} derivasyonları) şeklinde gösterilir.

Prekordiyal derivasyonlar 1 veya 2 interkostal mesafede alttan veya üstten alınabilir; Özofagus içinden ve mideden kalbin arka yüzünü iyi gösteren, ve belirgin P dalgaları veren özofagus derivasyonu çekilebilir. Kalp kateterizasyonu sırasında atrium veya ventriküllerin içinden (intrakardiyak) da derivasyonlar çekilebilir.

Yoğun Bakım Servisinde, düzgün ve devamlı bir EKG elde etmek için bipolar prekordiyal derivasyonlar kullanılabilir. Örneğin, sağ kol elektrodu, sağ klavikula altına, sol kol elektrodu da kalp apeksine yerleştirilir ve D₁ çekilir.

NORMAL ELEKTROKARDİYOGRAM PATOLOJİK DEĞİŞİKLİKLERİ

Normal bir EKG kompleksinde P, Q, R, S, T dalgaları ile bu dalgalar arasındaki PR (PQ), ST ve TP izo-elektrik segmentleri bulunur. Bazen T dalgasından sonra küçük bir pozitif dalga (U dalgası) görülebilir. Amplitüdü 5 mm. den büyük olan dalgalar büyük harf ile (Q, R, S) küçük olanlar ise küçük harf ile (q, r, s) gösterilir.

P DALGASI

Normal P Dalgası

Atriyumların depolarizasyonuna ait küçük yuvarlar veya bifazik bir dalgadır. QRS kompleksinden gelir. Normalde, bütün derivasyonlarda yüksekliği 2.5 mm.'yi (0.25 mV) ve genişliği 0.11 saniyeyi geçmez.

Genellikle I ve II derivasyonlarda en yüksektir ve I, II ve aVF'de pozitifdir; aVR'de daima negatiftir, III

ve aVL derivasyonlarında ise pozitif, negatif, silik veya bifazik olabilir. Göğüs derivasyonlarında V₁ - V₂'de genellikle pozitif veya bifazik, V₃ - V₆'da pozitifdir.

Patolojik P Dalgaları

P dalgasının voltajı ve/veya süresindeki artışlar atriyum büyümelerinin tanısı açısından değerlidir (P mitrale, P pulmonale).

I. Derivasyonda negatif P dalgası: Dekstrokardi, ve sol atrium ritminde, nadiren A-V nodal ritm ve ileri derecede sağ atriyum büyümelerinde görülür. Ancak pratikte en sık nedeni sağ ve sol kol elektrodlarının ters bağlanmasıdır.

P dalgasının II, III ve aVF derivasyonlarda negatif, aVR'de pozitif olması, A-V nodal ritmin bulgusudur.

P dalgası sinüs duraklaması ve sino-atriyal blokta kaybolur; atriyum fibrilasyonu ve flutterinde ise P dalgasının yerini sırası ile fibrilasyon ve flutter dalgaları alır.

Ta ve Pt dalgası: Atriyumların repolarizasyon dalgasıdır. Normal EKG'de genellikle görülmez. QRS içinde kaybolur.

PR Aralığı (İntervali)

P dalgasının başlangıcından QRS kompleksinin başlangıcına kadar olan aralıktır. Normalde S-A düğümünden doğan uyarımın ventriküle ulaşmasına kadar geçen süredir (atriyumlar içindeki yayılma ve A-V düğümünden geçiş süreleri). Bu mesafe kalbin hızına, şahsın yapısına ve yaşına göre değişir. Erişkinlerde normal sınırlar 0.12-0.20 saniyedir. Erişkinlerde 0.20 saniyenin üstünde ise uzamış kabul edilir; beş yaşın altındaki çocuklarda bu sınır 0.16 saniyedir.

Patolojik PR Aralığı

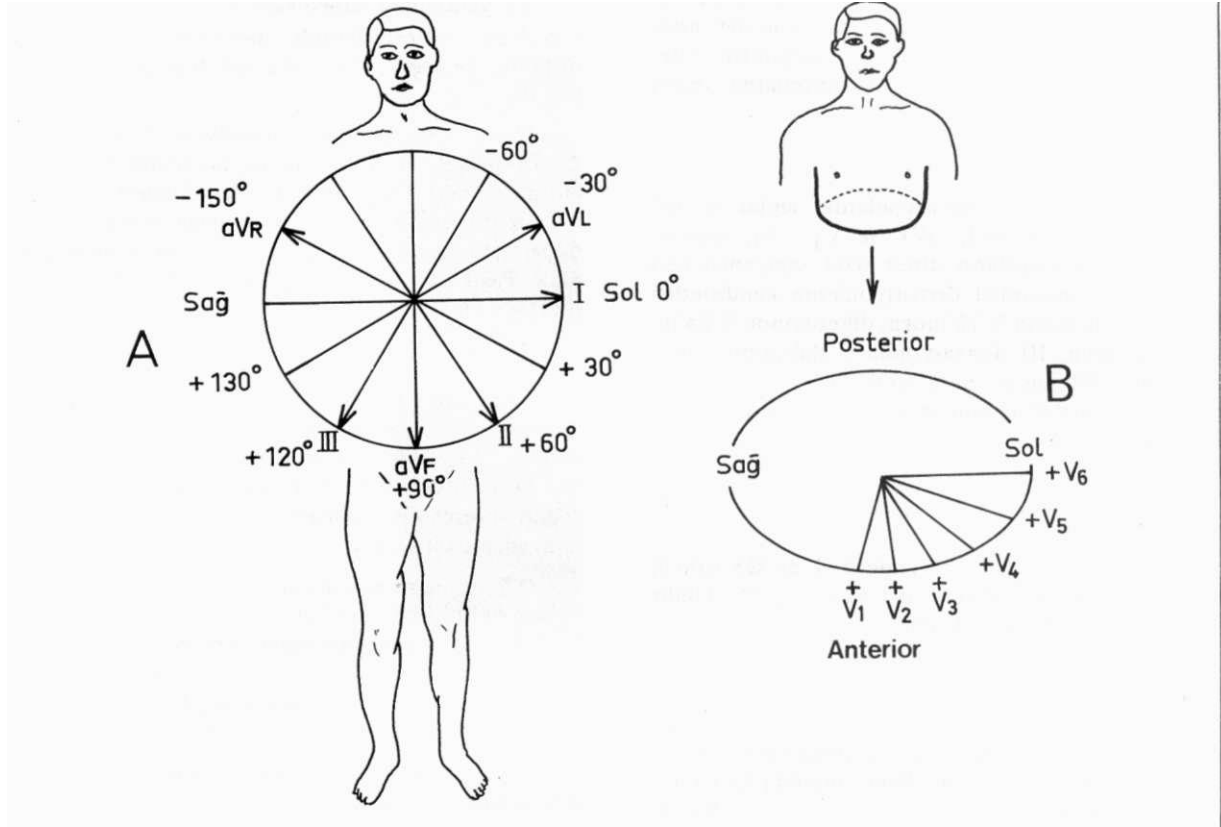
PR aralığının yaş ve kalp hızına göre hesaplanmış sınırı aşması (I. derece A-V blok), bazı ilaçlara (dijital, verapamil, kinidin gibi) miyokardial ve iskemik kalp hastalıklarına, romatizmal ateş ve enfeksiyon hastalıklarına (difteri) bağlı olarak görülebilir.

Kısa PR aralığı (0.12 saniyeden kısa) bazen normal kimselerde rastlanılmakla beraber, daha çok nodal ve aşağı atriyal ritimlerde, pre-eksitasyon sendromlarında görülür.

QRS Kompleksi

QRS kompleksi, ventriküllerin tüm depolarizasyonunu temsil eder. Bu süre normalde 0.09 saniyeyi geçmez.

QRS kompleksi, sağ ventrikül epikardı üzerinden ve sağ ventrikül kavitesinden (rS), sol ventrikül kavitesinden (OS) ve sol ventrikül epikardı üzerinden



Şekil - 4. EKG derivasyonlarını gösteren şemalar. A. Frontal planda ekstremite derivasyonları. B. Horizontal planda prekordiyal derivasyonları.

(qR) değişik şekillerde elde edilir. Prekordiyal derivasyonlarda: normalde rS tipinde bir kompleks gösterir. V¹'den V₆'ya doğru gidildikçe, S dalgası küçülürken R dalgası büyür ve V₄ - V₆'da maksimum yüksekliğe ulaşır. Buna normal R dalgası progresyonu denir. V₁ - V₆ derivasyonlarında septum aktivasyonuna ait q dalgası çıkar ve QRS kompleksi qR veya rS görünümündedir. Bazı normal şahıslarda V¹'de QS, V₅ - V₆'da R, ya da qRs örnekleri görülebilir.

Ekstremitte Derivasyonlarındaki Normal QRS Örnekleri

aVR'de QRS kompleksi daima predominant olarak negatiftir. Diğer derivasyonlardaki QRS kompleksleri, kalbin elektriksel pozisyonuna göre değişik örnekler gösterirler. Horizontal kalplerde, I ve aVL'de qR örneği (normalde V₅ - V₆'daki gibi) II, III ve aV E'de rS örneği (normalde V₁ - V₂'de olduğu gibi) görülür. Vertikal kalplerde bunun tersine I ve aVL'de rS ve II, III ve aVF ise qR örnekleri ortaya çıkar.

Kalbin frontal plandaki normal ortalama QRS aksı (— 30) ile (+ 100) dereceleri arasında değişir (Şe-

kil 4). Bu aksın (— 30°)'den daha negatif olması halinde sol aks (eksen) sapmasından, (+ 100°)'den daha fazla pozitif alana kaymasında ise sağ aks sapmasından bahsedilir. Sol eksen sapması kalbin horizontal ekseninin daha abartılmış bir şekli olarak düşünülebilir. Sağ eksen sapması ile vertikal kalp ekseninde benzer bir ilişki vardır. QRS komplekslerinin bütün ekstremite derivasyonlarında bifazik olması halinde, frontal planda kalp ekseninin belirlenmesi mümkün olamaz (indetermine kalp aksı).

QRS Kompleksinin Voltajı

QRS kompleksinin voltajı geniş sınırlar içinde değişim göstermektedir. Değişik derivasyon gruplarında R ve S dalgalarının ölçümleri ile bulunan voltaj kriterlerinin belli sınırları üstüne çıkması halinde sağ veya sol ventrikül hipertrofilerinden bahsedilebilir. Sağ dal bloku, antero-lateral miyokard infarktüsü, sol ön-üst dalcık bloku gibi durumlarda da bazı derivasyonlarda R voltajı yüksek olabilir.

Standart ekstremite derivasyonlarında en yüksek R dalgasının 5 mm.'nin altında olması, veya

prekordial derivasyonlarda 10 mm.'den küçük olması halinde düşük voltajdan bahsedilir. Genel voltaj düşüklüğü miyokardiyal fibrozis, koroner arter hastalığı, plevral ve perikardiyal efüzyonlar, mik-södem, şişmanlık ve anemi gibi durumlarda ortaya çıkmaktadır.

Q Dalgası

Normalde bazı derivasyonlarda septal q dalgaları vardır; I, II, aVL, aVF ve V4 - V_q derivasyonlarında bu dalgaların süresi 0.04 saniyeden kısa ve derinliği prekordial derivasyonlarda kendisinden sonraki R dalgasının % 15'inden, diğerlerinde % 25'inden daha azdır. III derivasyonda Q dalgasının süresi normalde 0.04 saniye hatta biraz daha uzun olabilir, derinliği normalde 6 mm.'den azdır. Bu derivasyondaki geniş Q dalgaları II ve aVF'de geniş Q dalgalarının eşlik edip etmediğine göre değerlendirilir. aVR derivasyonunda Q dalgası 0.04 saniyeden geniş olabilir, Q/R oranı genellikle 1 den büyüktür.

Vertikal kalplerde normalde aVL'de QB örneği bulunabilir; birlikte P ve T dalgaları negatif olabilir ve I'de Q dalgası bulunmayabilir.

Patolojik Q dalgaları (süresi 0.04 saniye veya daha uzun, derinliği o derivasyondaki R dalgasının % 25'inden fazla) miyokard infarktüsünün EKG bulgusudur. Bunun dışında akut kor-pulmonale, ventrikül hipertrofileri, IHSS ve diğer miyokardiopatiler, amfizem, preeksitasyon sendromları, sol dal bloku, serebro-vasküler hastalıklar, variant angina gibi durumlarda da görülebilir.

Ventriküler Aktivasyon Zamanı

EKG'de QRS'in başlangıcı ile R dalgasının tepesi arasındaki zaman süresine, "ventriküler aktivasyon" zamanı (VAT) denir. Bu, ventrikül depolarizasyonunun endokarddan epikarda kadar yayılma süresidir. Bu sürenin üst sınırı sağ prekordial derivasyonlarda 0.03 saniye, sol prekordiallerde ise 0.05 saniyedir. Ventrikül hipertrofileri, dal blokları ve miyokardiopatilerde bu sınırı aşar.

ST Segmenti:

QRS kompleksinin sonu (J noktası) ile T dalgasının başlangıç arasındaki izo-elektrik bölümdür. Son kısmı T dalgası ile karıştığından belirsizdir. ST segmentinin şeklinde ve izo-elektrik çizgiye göre olan seviyesinde değişiklikler olabilir. Genellikle izo-elektrik olmakla beraber, normalde ekstremite derivasyonlarında (— 0.5) - (+ 1) mm.'lik prekordiyallerde + 2 mm.'ye kadar (erken repolarizasyon) sapmalar gösterebilir. ST segmentinin yükselme veya çökmesi TP intervaline göre değerlendirilir. TP intervali izo-elektrik çizgide değilse PR segmentine göre ölçüm yapılır.

Patolojik ST Segmenti Değişiklikleri

ST yükselmesi subepikardiyal lezyon eşliğindeki miyokard infarktüslerinde, perikardit ve miyokarditlerde, ve nadir olarak da ağır hiperpotasemilerde görülür.

ST çökmesi, prekordial derivasyonlarda çok defa nonspesifik bir bulgudur. Dijital ve diğer kalp ilaçlarının etkilerine bağlı olabilir; dal bloklarında, ventrikül hipertrofilerinde, elektrolit denge bozukluklarında subendokardiyal lezyontarda ve şokta sıklıkla görülür. Taşikardi nöbetlerinde geçici ST ve T değişiklikleri ortaya çıkabilir.

0-T Mesafesi (İntervali)

QRS kompleksinin başlangıcında T dalgasının sonuna kadar olan süredir (ventriküllerin elektriksel sistolü). Yaş, cins ve kalp hızına göre değişim gösterir. Q-T intervalinin kalp hızına göre düzeltilmiş değeri normalde erkeklerde 0.42, kadınlarda 0.43 saniyeden uzun değildir.

Q-T uzaması: Sol ventrikül hipertrofisi, intraventriküler iletim bozuklukları, miyokard iskemisi, miyokarditler, akut kor-pulmonale, serebro-vasküler hastalıklar, hipokalsemi, hipomagnezemi gibi durumlarda; fenotiyazin, kinidin, prokainamid gibi ilaçların etkisi ile veya herediter olarak görülebilir.

QT intervalinin kısalması ise dijital etkisi ile, hiperkalsemi ve tirotoksikoza ortaya çıkar.

T Dalgası

Ventriküllerin repolarizasyon dalgasıdır. Normalde repolarizasyon epikarddan başladığından, ventrikül epikardını gören derivasyonlarda T dalgası pozitif, ventrikül boşluğunu gören derivasyonlarda ise negatiftir. Yani I, II, aVF, V₁ - V₆'da pozitif; III ve aVL'de pozitif, bifazik veya negatif; aVR ve V_j'de negatif olarak görülür. 30 yaşın altındaki normal kişilerde V_j - V₃ derivasyonlarında T dalgaları negatif olabilir; bu değişiklik bazen 30 yaşın üzerindeki kişilerde de devam edebilir (juvenil pattern).

Normal olarak T amplitüdü standard derivasyonlarda 3 mm., prekordiallerde ise 8 mm.'yi geçmez.

Patolojik T Dalgası Değişiklikleri

Çeşitli fonksiyonel bozukluklarda nonspesifik T dalgası değişiklikleri ortaya çıkabilir; bunlar çok defa sedasyonla, ya da potasyum, beta blokerlerin verilmesi ile düzelirler. Bazı iskekt anomalilerinde (düz sırt sendromu, fiçi "funnel" göğsü gibi) T negatiflikleri görülebilmektedir.

Simetrik, derin ve dar T dalgası negatifliğinin en sık nedeni koroner arter hastalığı veya önemli derecedeki ventriküler hipertrofilerdir. Serebro-vasküler hastalıklarda (özellikle subaraknoid kanama), ağır bradi-aritmilerde dev T dalgası negatiflikleri belirir.

Yüksek amplitüdü T dalgaları (prekordiyal derivasyonlarda) bazen normal kişilerde görülebilir. Daha çok akut subendokardiyal iskemilerde, anterior ve postero-bazal miyokard infarktüslerinde ve hiperpotasemi, anemi, sol ventrikül hipertrofisi gibi durumlarda ortaya çıkar.

U Dalgası

Normal olarak T dalgasını izleyen, en iyi V3 derivasyonunda görülebilen küçük bir dalgadır. Amplitüdü nadiren 1 mm. yi geçer.

Bazı sağlıklı kişilerde özellikle atletlerde u dalgalarının amplitüdü artabilir. Hipopotasemi, sol ventrikül hipertrofisi, bradi-aritmiler, A-V tam blok, hiperkalsemi, ve dijital kinidin gibi ilaçlar anormal u dalgalarına neden olabilir. Negatif u dalgası hemen daima patolojiktir; koroner arter hastalıkları, sol ventrikül hipertrofisi ve bazı elektrolit dengesi bozukluklarında ortaya çıkabilir. Eforla u dalgasının negatifleşmesi koroner iskemisini gösteren bir bulgu olarak kabul edilir.

Elektrokardiyogramda ölçümler

EKG kağıdındaki ince çizgilerin arası 1 mm. ve kaim çizgilerin (büyük kareler) arası da 5 mm.'dir. Yatay eksen üzerinde zaman ölçülür ve 1 mm. 0.04 saniyeye eşittir. Dikey eksen de defleksiyonların voltajı ölçülür, 1 mm. 0.1 mV (milivolt)'a karşılıktır.

Rutin kullanmada EKG kayıt hızı 25 mm/sn.'dir. EKG çekiminde, 1 mV'luk voltaj değişikliğine 10 mm.'lik defleksiyon cevabı alınacak şekilde ayarlama yapılarak, ölçümlerin standardizasyonu sağlanmış olur.

Kalp hızının hesaplanması, kalp siklusu yani iki ORS kompleksi arasındaki aralık ölçülerek yapılır. EKG kağıdındaki milimetrik aralıklar 0.04 sn. ve büyük kareler de 0.20 sn.'dir. 1500 rakamı arka arkaya gelen düzenli iki ORS kompleksi arasındaki milimetrik aralıkların sayısına, ya da 300 rakamı büyük karelerin adedine bölünerek kalp hızı bulunur. Mesela, bir kalp siklusunda 4 büyük kare (20 milimetrik aralık) varsa kalp hızı 300:4 veya 1500:20 yani 75/dak.'dır.

Atriyal fibrilasyon gibi düzensiz kalp ritimlerinde, 5-10 kalp siklusu sayılarak ortalama değer bulunduğundan sonra kalp hızı hesaplanır.

Kalp ekseninin saptanması için, Dj ve Dm derivasyonlarındaki ORS komplekslerinin cebirsel milimetrik yükseklikleri Şekil de görülen Di ve Dm çizgileri üzerinde işaretlenerek, bu noktalardan birer dik çizgi çıkarılır. Bu dik çizgilerin kesiştiği noktayı, merkeze birleştirmek suretiyle kalbin frontal plandaki ortalama elektriksel eksenini belirlenmiş olur.

Kalp eksenini, yaklaşık olarak, daha pratik bir yöntemle de belirlenebilir. Standart ve unipolar ekstremite derivasyonlarından hangisinde ORS kompleksinin pozitif ve negatif defleksiyonları birbirine eşitse, kalp eksenini, bu derivasyonun doğrultusuna dikey durumdadır. Kalp eksenini, çok küçük amplitüdü ORS kompleksi gösteren ekstremite derivasyonunun dikine yakın bir yöndedir; en yüksek pozitif defleksiyonun bulunduğu derivasyona yakın, ve en derin negatif defleksiyonun görüldüğü derivasyondan uzak doğrultudadır.