

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PRENATAL DÖNEMDE KABLOSUZ İNTERNETE MARUZ
BIRAKILAN SIÇANLARIN HİPOKAMPAL DENTAT GİRUS
GRANÜLER HÜCRE SAYISINA ETKİLERİNİN STEREOLOJİK
YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

Büşranur ÖZALPER

TIBBİ HİSTOLOJİ VE EMBRİYOLOJİ ANABİLİM DALI

(TIP PROGRAMI)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Murat Çetin RAĞBETLİ

VAN – 2017

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PRENATAL DÖNEMDE KABLOSUZ İNTERNETE MARUZ
BIRAKILAN SIÇANLARIN HİPOKAMPAL DENTAT GİRUS
GRANÜLER HÜCRE SAYISINA ETKİLERİNİN STEREOLOJİK
YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

Büşranur ÖZALPER

TIBBİ HİSTOLOJİ VE EMBRİYOLOJİ ANABİLİM DALI

(TIP PROGRAMI)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Murat Çetin RAĞBETLİ

VAN – 2017

Bu araştırma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından TYL-2016-5331 nolu
proje olarak desteklenmiştir.

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PRENATAL DÖNEMDE KABLOSUZ İNTERNETE MARUZ BIRAKILAN
SIÇANLARIN HİPPOKAMPAL DENTAT GİRUS GRANÜLER HÜCRE
SAYISINA ETKİLERİNİN STEREOLOJİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

Büşranur ÖZALPER

TIBBİ HİSTOLOJİ VE EMBRİYOLOJİ ANABİLİM DALI

(TIP PROGRAMI)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Murat Çetin RAĞBETLİ

Jüri Başkan

Üye

Yrd. Doç. Dr. Mikail KARA

Üye

Yrd. Doç. Dr. Neşe Çölçimen

TEZ KABUL TARİHİ

03 / 06 / 2017

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübeleri ile her zaman yardımcı olan değerli hocam ve tez danışmanım Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Murat Çetin RAĞBETLİ'ye, yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Neşe ÇÖLÇİMEN'e, deney aşamasında yanımda olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Tahir ÇAKIR'a, güler yüzleri ve yardımları ile beni yalnız bırakmayan Arş. Gör. Seda KESKİN, Öğr. Gör. Fikret ALTINDAĞ, Veysel AKYOL, Ayfer KÖRKOCA'ya ve verdiği maddi destekten ötürü YUHADYEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her koşulda ilgisi ve sevgisiyle yanımda olan canım babam Ali Osman BAŞKURT'a, canım annem Pervin BAŞKURT'a, aileme, yol arkadaşım eşim Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZALPER'e ve doğduğu günden beri hayatıma anlam katan en değerlim bir tanecik oğlum Muhammed Salih ÖZALPER'e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	II
Teşekkür	III
İçindekiler	IV
Simgeler ve Kısaltmalar	VII
Şekiller	IX
Tablolar	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Sinir Sistemi	4
2.1.1. Beyin	5
2.1.2. Kan beyin bariyeri	6
2.2. Limbik Lob ve Limbik Sistem	7
2.2.1. Hipokampal formasyon (Formatio hippocampi)	9
2.2.2. Öğrenme ve hafıza	13
2.2.3. Üç boyutlu düşünme	14
2.3. Hücre Ölümü	14
2.3.1. Nekroz	14
2.3.2. Apoptozis	16
2.4. Radyasyon	17
2.4.1. Radyasyonun tanımı	17
2.4.2. Tarihçe	17
2.4.3. Radyasyon sınıflaması	18
2.4.4. Radyasyon dozu ve birimleri	19

2.4.5. Soğurulan radyasyon dozu	20
2.4.6. Radyasyon doz eşdeğeri	21
2.4.7. Radyasyon pozu	22
2.5. Radyasyon Kaynakları	22
2.5.1. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynakları	23
2.5.2 İyonlaştırıcı radyasyon kaynakları	23
2.6. Radyasyon Hasarı	24
2.6.1. Radyasyonun vücutta hasar oluşturma olasılığı	24
2.6.2. Radyasyonun vücutta oluşturabileceği erken hasarlar	25
2.6.3. Radyasyonun vücutta oluşturabileceği geç hasarlar	25
2.6.4. Öldürücü doz olasılığı ve değerleri	25
2.7. Radyasyon Ölçümü	25
2.8. Radyasyonun Etkileri	26
2.8.1. Radyasyonun hücre üzerine etkileri	26
2.8.2. Radyasyonun biyolojik etkileri	26
2.8.3. Radyasyonun somatik etkileri	28
2.8.4. Radyasyonun genetik etkileri	28
2.8.5. Radyasyonun fetüse etkisi	28
2.9. Radyasyondan Korunma	29
2.10. Elektromanyetik Alan	30
2.10.1. Elektrik alan	31
2.10.2. Manyetik alan	31
2.11. Özgül Emilim Oranı (SAR)	32
2.12. Wi-Fi (WLAN)	32
2.13. Elektromanyetik Alanın Etkileri	32

2.13.1. Manyetik alanın insan sağlığına etkileri	32
2.13.2. Elektromanyetik alanın santral sinir sistemi üzerine etkileri	33
2.13.3. Elektromanyetik alanın etkilerinden korunma yolları	34
2.14. Radyo Frekans Alanların Etkileri	35
2.15. Stereoloji	36
2.15.1. Disektör	37
2.15.2. Tarafsız sayım çerçevesi	38
2.15.3. Cavalieri prensibi	40
3. GEREÇ ve YÖNTEM	41
3.1. Gereç	41
3.2. Yöntem	42
4. BULGULAR	52
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	63
ÖZET	67
SUMMARY	68
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	78
EK-1. Etik Kurul Onay Raporu	79
EK-2. İntihal Raporu	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

B	: Manyetik Alan
BOS	: Beyin Omurilik Sıvısı
Bq	: Becquerel
CA	: Cornu Ammonis
CE	: Hata Katsayısı
Ci	: Curie
CV	: Coefficient Variation: Varyasyon katsayısı
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
E	: Elektrik Alan
ECV	: Expected coefficient: Beklenen hata katsayısı
EEG	: Elektroensefalografi
ELF	: Çok Düşük Frekanslı Alan
EMA	: Elektromanyetik alan
EMF	: Electromagnetic field: Elektromanyetik alan
Gy	: Gray
ICRP	: International Commission on Radiological Protection
ICRU	: Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi
JAM	: Junctional adhesion molecule
LET	: Lineer Enerji Transferi
mGy	: Miligray
MHz	: Mega Hertz
M.K.S	: Meter, Kilogram, Second
mR	: Miliroentgen

OH	: Hidroksil Radikali
R	: Röntgen
rad	: radiation absorbed döşe
RBE	: Rölatif Biyolojik Etki
RF	: Radyo Frekans
RNA	: Ribo Nükleik Asit
SAR	: Specific absorption rate : Özgöl soğurma oranı
SI	: Uluslararası Birimler Sistemi
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SRÖ	: Sistematik rastgele örnekleme
Sv	: Sievert
T	: Tesla
UV	: Ultraviyole
WLAN	: Kablosuz Yerel Alan Şebekesi

ŞEKİLLER

Şekil 1. Limbik yapılar	8
Şekil 2. Beynin sagittal görünümü	10
Şekil 3. Koronal kesitte hipokampusun yapısı	12
Şekil 4. Elektromanyetik spektrum	19
Şekil 5. Bir iletenden geçen akımın yarattığı manyetik alan çizgileri	31
Şekil 6. Kesit yöneliminin izdüşüm sayısına etkisi	38
Şekil 7. Tarafsız sayım çerçevesi	39
Şekil 8. Ardışık iki düzlem (örnek ve gözlem kesiti) ile oluşturulan üç boyutlu bir hacimde disektör taneciklerinin sayılması	39
Şekil 9. Noktalı alan ölçüm cetveli	40
Şekil 10. Sıçan gruplarına ait kafesler	42
Şekil 11. Wi-Fi uygulama düzeneği	43
Şekil 12. 300 Mbps Kablosuz N ADSL2+ Modem Router	43
Şekil 13. Spectrum Analyzer cihazı	44
Şekil 14. Sıçanda göğüs kafesinin açılması	45
Şekil 15. Kalbe katater girişi	45
Şekil 16. Perfüzyon süreci	46
Şekil 17. Bir aylık tüm sıçan beyni (sol) ve kesit alınacak bölüm (sağ)	46
Şekil 18. Sayım yapılan ışık mikroskobu	48
Şekil 19. Kontrol grubundaki sıçanların dentat girus granüler hücre sayıları	52
Şekil 20. Denek grubundaki sıçanların dentat girus granüler hücre sayıları	53
Şekil 21. Postnatal bir aylık sıçanların dentat girus ortalama granüler hücre sayısı karşılaştırılması	53

Şekil 22. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)	59
Şekil 23. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)	59
Şekil 24. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)	60
Şekil 25. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)	60
Şekil 26. Dentat girus granüler hücreleri (Kontrol) (HE) (x63)	61
Şekil 27. Dentat girus granüler hücreleri (Kontrol) (Cresyl Viole) (x63)	61
Şekil 28. Girus dentatus granüler hücrelerinin kesitlere göre şematik pozisyonu	62



TABLolar

Tablo 1. Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki	20
Tablo 2. Bir numunede hata katsayısı (CE) hesaplanması	50
Tablo 3. Granüler nöron sayısı ile ilgili tanımlayıcı istatistikler	52
Tablo 4. Kontrol ve deneklerde granüler hücre sayıları, CE ve CV değerleri	54
Tablo 5. Kontrol ve denek grubundaki dişi sıçanların ağırlık skalaları (g)	57
Tablo 6. Doğan yavru sıçanların ağırlık skalaları (g)	58
Tablo 7. Kontrol ve deney grubu hayvanların beyin ağırlıkları (g)	58

1. GİRİŞ

Endüstrileşmenin yol açtığı bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte radyo frekans radyasyon kaynakları hayatımızda yer almaktadır. Bu kaynaklar arasında radarlar, telsiz iletişim sistemleri, mikrodalga fırınları, baz istasyonları, mobil telefonlar, özel televizyon ve radyolar bulunmaktadır (Seyhan, 2010). Günümüzde yaşamımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiş olan elektromanyetik alan (EMA) kaynaklarından yayılan radyo frekans dalgalarının insan sağlığı üzerine zararlı etkileri olduğunu belirten çalışmalar giderek artmaktadır (Schirmacher ve ark., 2000; Sangun ve ark., 2015).

Elektromanyetik alan maruziyetinin olası psikiyatrik veya psikolojik etkileri konusundaki ilk endişeler 1960'ların sonları ve 1970'lerin başında Sovyetler Birliği'nden bazı araştırmacılar tarafından gündeme getirildi. Bu maruziyetin insanda baş ağrısı, uykusuzluk, hafıza kaybı gibi çeşitli patolojik etkilere yol açtığı belirtilmektedir (Ahlbom ve ark., 2001).

Elektromanyetik dalgalar, doğal veya insan icadı kaynaklar tarafından yayılmaktadır (Ahlbom ve ark., 2001). Gebe olanlar ve gelişim çağındaki çocuklar elektromanyetik radyasyondan daha fazla etkilenmektedir (Abad ve ark., 2016; Sage ve Burgio, 2017).

Radyo frekans alanların çeşitli biyolojik etkilere neden olduğunu belirten çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Wilen ve ark., 2006; Daniels ve ark., 2009). Bu çalışmalar, lösemi, lenfoma, çeşitli kanser türleri, kromozomal bozulmalar, davranış bozukluğu, çocuklarda öğrenme güçlüğü, üremede azalma, kan basıncının, beyin sıcaklığının, kan beyin bariyeri geçirgenliğinin, hücre ve DNA sentezinin, beyin elektriksel aktivitesinin (EEG) artması gibi pek çok etkinin varlığını göstermektedir (Seyhan, 2010).

Düşük şiddette elektromanyetik alana uzun bir müddet maruziyetin kanser oluşumu, biyomolekül sentezi ve hücrenin bölünmesi üzerine etkileri olduğu belirtilmiştir. Fizyolojik ve biyokimyasal olarak hücre ve dokuda; hormonun etkilendiği, karbonhidrat, nükleik asit ve protein metabolizmasının farklılaştığı, hücresel

solunumun azaldığı, yapısal değişiklikler gözleendiği, doku ve hücrelerin hormonal cevabının değiştii, farklı antijenlere karşı immün cevabın etkilendiği gözlenmiştir (Seyhan, 2010).

Radyoaktif dalgalar hücrenel ve moleküler düzeyde hücre zarı ve organellerine zarar vererek beynin yapısını ve fizyolojisini olumsuz yönde etkiler. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; elektromanyetik rezonans dalgalarına maruz bırakılan sıçan beyinlerinde bazal kortikosteroid seviyelerinde artma, lokomotor aktivitede azalma, anormal beyin işleyişi ile nöronal hasarın ortaya çıktığı (Daniels ve ark., 2009), sempatik aktivitenin arttığı (Wilen ve ark., 2006) gözlenmiştir (Kuloğlu ve Korkmaz, 2011). Fakat elektromanyetik alanın sistem ve dokular üzerine olumsuz bir etkisi olmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur (Chung ve ark, 2005).

Amerika Birleşik Devleti ve Finlandiya’da, EMA’nın etkisine daha sık maruz kalan işçiler üzerinde yapılan bir araştırmaya göre Alzheimer hastalığı erkeklerde 4.9 ve kadınlarda 3.4 kat daha fazla görülmüştür. Bir başka istatistiksel çalışmada ise radyo operatörleri, veri işleme aygıtı, endüstriyel donanım, telefon hattı, trafo merkezleri ve elektrik santrallerinde çalışan işçilerde Alzheimer ve Parkinson gibi hastalıklara ek olarak çeşitli nörolojik bozuklukların daha sık görüldüğü ortaya çıkmıştır (Sunay, 2000).

Son birkaç yıldır uzun süreli mobil telefon kullanımı ile tümör riski arasındaki ilişki hakkında veriler yayınlanmıştır. Çoğu araştırmada mobil telefonu kullanımı ile beyin tümörlerinin gelişmesinin üzerinde durulmuştur. 10 yıl ve üzeri mobil ve kablosuz telefon kullanıcılarında beyin tümörleri gelişimi riskinde önemli bir artış tespit edilmiştir. Glioma (özellikle astrositoma), akustik nöroma ve meningiom tümörlerinde artış bulunmuştur (Hardell ve ark, 2006; Khurana ve ark., 2008; Kundi, 2009; Khurana ve ark., 2009; Baan ve ark., 2011). Başka bir çalışmada ise mobil telefon kullanımının insanlarda aşırı sinirlilik, reflekslerde azalma, dikkatsizlik, baş ağrısı, gözlerde kararma ve çapaklanma gibi şikâyetlere sebep olabileceği belirtilmiştir. EMA’nın sıçanlarda doğurganlığı olumsuz etkilediği, genetik zararlar oluşturduğu, sıçan beyninde hücrenel ve moleküler değişime yol açtığı, nöroendokrin sistemi etkilediği, kanser oluşumu ile ilişkili olduğu, beyin fonksiyonlarını etkilediği ve daha pek çok nörolojik etkilere neden olabileceği bildirilmiştir (Balıkçı, 2009).

Stereolojik yöntemler, herhangi bir niceliği hesaplariken yapıdan mümkün olduğunca tarafsız yani gerçek değerden sistematik bir sapma göstermeyen sonuçların elde edilmesini sağlar. Bir yapının veya organın hacim ve yüzey alanı gibi değerlerinin hesaplanması, yapı içinde bulunan farklı bileşenlerin birbirine göre hacim, uzunluk, alan vb. yoğunluklarının bulunması ve yapıdaki toplam tanecik sayısının ortaya çıkarılması morfolometrinin en önemli konularıdır. Stereolojik yöntemlerin çoğu çalışılan yapıdan rastgele alınan örneklerin üzerinde yapılan ölçümler ile o yapıdaki sayısal niceliğin belli ve istatistiksel olarak kabul edilebilir bir hata payı dahilinde hesaplanması esasına dayanır. Stereolojik yöntemlerin pratik olması ve ihtiyaca binaen yeni yöntem çıkarılması bu yöntemlerin morfolometrik çalışmalarda aranan standartlar haline gelmesi sağlamıştır (Canan ve ark., 2004). Bizde bu nedenlerden dolayı bu yöntemi kullanmayı tercih ettik.

Çalışmamızın amacı bazı üçüncü nesil cep telefonlarında mevcut olan ve internete bağlantı imkânı sağlayan Wi-Fi'nin prenatal dönemde sıçan beyin hipokampusundaki girus dentatus granüler hücre sayısına etkilerini stereolojik metotla araştırmaktır. Kaynak taramamıza göre dünyada bu metotla dentat granüler hücreleri üzerine Wi-Fi'nin etkisini araştıracak ilk çalışma olduğundan orijinallik arz etmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sinir Sistemi

Sinir sistemi, iç veya dış çevrede oluşan değişimleri saptayan, uyarıları analiz eden, kasların ve endokrin bezlerinin aktivitesini değiştirerek uygun cevabı oluşturan ve bunları ilgili organlara ileten sistemdir. İnsanda sinir sistemi 100 milyon nöron, sayıları nöronların 8-10 katına ulaşan gliya hücresinden ve bol kan damarı içeren az miktarda ince bağ dokusundan meydana gelir. Gliya hücrelerinin sayıları nöronların sayılarından daha fazladır ancak hacim olarak nöronların yaklaşık yarısı kadar yer kaplar (Eşrefoğlu, 2016).

Nöronlar; uyarı alabilen, iletebilen, değiştirebilen, nörotransmitter ve diğer bilgi moleküllerini üretebilen hücrelerdir. Nöronlar, sinaps denilen özelleşmiş alanlar vasıtasıyla bilgi akımı yolu ile birbirleriyle bağlantı kurarak yaygın bir ağ oluştururlar. Nöronlar uzantılı hücrelerdir. Nükleus ve çevresindeki sitoplazmadan oluşan hücre gövdesine soma veya perikaryon denir. Nöron sitoplazmasına ise nöroplazma denir. Hücre gövdesinden iki tür sitoplazmik uzantı çıkmaktadır. Gövdeden çıktuktan sonra çok sayıda dallanarak ilerleyen uzantılara dendrit, her nöron için bir tane olan uzantıya ise akson denir. Aksonlar, hücre gövdesinden bir başka nörona veya efektör hücreye uyarı iletirken; dendritler periferden gelen uyarıyı hücre gövdesine iletir (Eşrefoğlu, 2016).

Gliya hücrelerinin mitoz bölünme özellikleri vardır ve kendilerini yenileyebilirler. Nöronlar hasara uğradıkları zaman gliya hücreleri çoğalarak nöronların yerine geçer (Sütçü Çiçek ve ark., 2016). Gliya hücreleri impuls iletmeyen daha çok nöronların korunma ve desteklenmesinde görev alan ara doku işlevi sergilerler (Ovalle ve Nahirney, 2009).

Sinir sistemi anatomik olarak santral ve periferik sinir sistemi olmak üzere ikiye ayrılır. Santral sinir sistemi, afferent sinirler yoluyla periferden impulslar alır ve efferent sinirlerle perifere impulslar gönderir. Santral sinir sistemi, beyin ve omurilikten oluşur. Periferik sinir sisteminin elemanları ise kranial, spinal ve periferik sinirler ile

gangliyonlar ve serbest sinir sonlanmalarındır. Periferik sinirler, santral sinir sistemi ile organlar arasındaki bağlantıyı sağlar. Bu bağlantı afferent ve efferent nöronlar tarafından oluşturulur. Afferent nöron ile organlardan merkeze getirilen uyarılar merkezdeki hücelere nakledilir. Bu hücrelerde uyarılar değerlendirilir. Organizmada uygun cevabın oluşması için harekete geçmesi gereken organlara efferent yol ile iletilir (Çakır, 2013).

Periferik sinir sistemi somatik sinir sistemi (cerebrospinal) ve otonom sinir sistemi (visseral) olmak üzere iki bölüme ayrılır. Somatik sinir sistemi, uyarılara karşı istemli olarak uygun cevaplar oluşturur ve gelen duyuları merkeze taşıyarak çizgili kaslara giden motor emirleri kaslara iletir. Otonom sinir sistemi istek ve irademiz dışında çalışır. Canlının kendi vücudunda olan doğrudan dışa aksetmeyen fonksiyonları yönetir. Organların, düz kas ve kalp kasının çalışmalarını düzenler ve yürütür. Otonom sinir sistemi genellikle vücutta olup biten olaylarla ilgilidir. Ancak dış tesirlere karşı da tamamen ilgisiz değildir ve bazı olaylarda somatik sinir sistemi ile birlikte çalışmak zorundadır. Örneğin isteğe bağlı olarak çalışan iskelet kaslarının normalden fazla çalışması durumunda bu kasların daha çok besin ve oksijene gereksinimi olur. Bunlar karşılanamazsa, somatik sinir sisteminden gelen tüm impulslara rağmen kaslar fazla enerji üretemez ve çabuk yorulur. Bu gibi durumlarda hemen otonom sinir sistemi devreye girer. Kasların daha çok çalışması için kalbe daha çok kan gelmesi, bunun için de damarların genişlemesi gerekmektedir. Ayrıca glikozun kanda artması için de karaciğerdeki karbonhidrat metabolizması artmalıdır. Otonom sinir sistemi sempatik, parasempatik ve enterik sistem olmak üzere üç bölümde incelenir (Çakır, 2013; Eşrefoğlu, 2016).

Histolojik olarak sinir dokusunu diğer dokulardan ayıran en önemli özellik hücrelerinin uzantılı olması ve bu uzantılar aracılığıyla birbirleriyle bağlantı kurarak çok yaygın bir hücre ağı oluşturmasıdır (Eşrefoğlu, 2016).

2.1.1. Beyin

Santral sinir sisteminin kafatası boşluğunda yer alan beyin, ortalama 14 milyar nöron içerir ve erişkinlerde yaklaşık 1300 gramdır (Çakır, 2013). Beyin, serebrum,

serebellum ve beyin sapı (orta beyin, pons ve medulla oblongata)'nı kapsar (Moore ve Dalley 2007).

2.1.1.1. Serebrum

Serebrum, serebral hemisferleri ve diensefalonu kapsar ayrıca insan beyninin en büyük bölümünü oluşturur (Moore ve Dalley, 2007). Serebrum, hafıza, bilinçlilik, motor aktivite, konuşma ve duyu algılanması gibi bütün zihinsel fonksiyonları yönetir. Serebrum, derin bir yarık ile sağ ve sol hemisfere ayrılır. Bu yarık içerisinde falx cerebri uzanır. Sağ ve sol hemisferler, fissura longitudinalisin tabanında yer alan, transvers liflerden oluşan corpus callosum ile birbirlerine bağlanır. Corpus callosumun kalın olan serbest arka ucuna splenium, aşağıya doğru sivrilerek inen ön ucuna ise rostrum denir. Her bir hemisfer içinde ventriculus lateralis denilen boşluk bulunur. İçi beyin-omurilik sıvısı (BOS) ile dolu olan bu boşlukta beynin diğer bölümlerinde bulunan ventriküller ile bağlantı sağlanır. Serebrumun üstündeki oluklara sulcus cerebri, kabartılarına ise gyrus cerebri adı verilir. Serebrumun gri maddeden oluşan ve ince olan dış tabakasına cortex cerebri adı verilir. Hemisferlerin yüzeye yakın olan 1.3 – 4.5 mm kalınlığındaki gri doku kitlesine cortex cerebri denir. Burası analiz ve sentezin en yüksek olduğu merkezdir. Cortex cerebrinin birçok duyu, motor ve assosiasyon bölgesi vardır. Korteksin hemen altında ise beyaz bir cevher tabakası bulunur (MEB, 2011a).

2.1.2. Kan beyin bariyeri

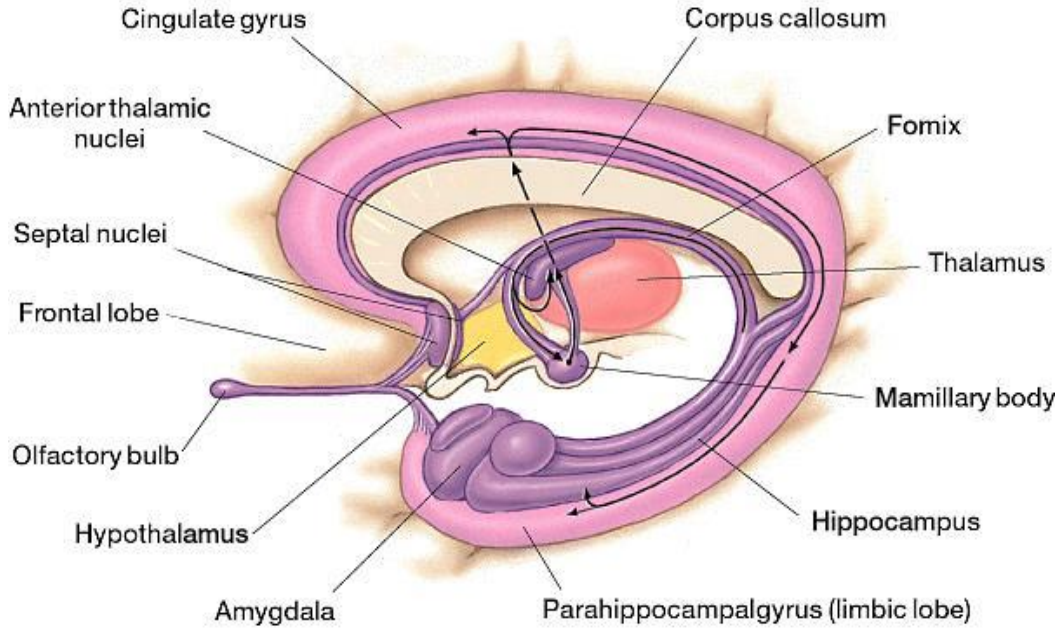
Kan beyin bariyeri, kan akımı yoluyla beyne gelen maddelerin gelişigüzel girişini sınırlandırarak, beynin fonksiyonunu en iyi şekilde yerine getirmesi için dengeli bir çevre oluşturmaya yönelik fizyolojik bir bariyerdir. Kan beyin bariyeri sıkı bağlantılarla kenetlenmiş kapiler endotel hücreleri ve bu hücreleri çevreleyen bazal membran ile dar bir perivasküler aralığı içerir. Kesintisiz endotel hücreleri arasında yer alan sıkı bağlantı kompleksleri bu bariyerin ana elemanlarıdır. Bu alanlarda kludinin, okludinin ve JAM (junctional adhesion molecule) gibi transmembran proteinleri vardır. Bu proteinler endotel hücrelerine zonula okludens 1 proteini gibi çeşitli proteinlerle tutunurlar. Sinir sisteminde pencere kapiller olmadığından kandan sinir sistemine madde geçişi son derece sınırlıdır. Bariyer suyun, bazı gazların, lipitte çözünen

maddelerin ve sinir sisteminin fonksiyonları için gerekli glukoz, aminoasit gibi moleküllerin geçişine izin verirken mikroorganizmaların ve zararlı partiküllerin geçişini engeller (Ovalle ve Nahirney, 2009; Eşrefoğlu, 2016).

2.2. Limbik Lob ve Limbik Sistem

İlk olarak 1874'de Paul Broca tarafından tanımlanan limbik lob, diensefalon ile telensefalik hemisferin daha lateraline yerleşmiş olan neokorteks arasında bir sınır oluşturduğundan, Latince sınır anlamına gelen *limbus* kelimesinden esinlenilerek isimlendirilmiştir. Limbik lob, korpus kallosumun etrafında, subkallozal, singulat ve parahipokampal giruslardan oluşan bir korteks halkasından oluşmaktadır (Waxman, 2002).

Limbik sistem; limbik lob, amigdala, hipokampus, mesencephalon ve hipotalamustan oluşmuştur. Bu yapılardan en önemlisi olan hipokampus ve amigdala limbik lobla tamamen birleşmiştir. Serebrum ve diensefalon arasındaki sınır boyunca nükleus ve dallanmalar ihtiva eder (Aktümsek, 2001). *Alveus hippocampi*, *fimbria hippocampi*, *fornix tractus mammillothalamicus* ve *stria terminalis* limbik yapılar arasında bağlantıyı sağlayan yollardır (Snell, 2000). Anotomik olarak limbik yapılar *area subcallosa*, *gyrus cinguli*, *gyrus parahippocampalis*, *formatio hippocampi*, *corpus amygdaloideum*, *corpus mammillare* ve *nuclei anteriores thalami*'yi içerir (Şekil 1) (Snell, 2000).



Şekil 1. Limbik yapılar

Limbik sistem serebral korteksin birçok yerinden uyarılar alır ve algıladığı birçok tecrübeyi bir araya getirerek, tek bir tecrübe halinde bütünleştiren çok yönlü assosiasyon alanları içerir (Waxman, 2002). Limbik sistem, bellek ve duygu durumun düzenlenmesinde yer alan birbirleriyle bağlantılı bir grup nukleustan oluşan beynin aksiyon sistemidir. Bu nöron sistemi, ödülleri değerlendirir ve motivasyonda önemli bir yeri vardır. Limbik sistem, beyin sapının otonomik fonksiyonlarında, bilinçli-bilinçsiz davranışların birleştirilmesinde, bilgilerin hafızaya alınıp çağrılmasının kolaylaştırılmasında ve biyolojik ritimde rol alır (Aktümsek, 2001; Solomon, 2008).

Limbik sistemin temel fonksiyonları başlıca, yeme davranışı, saldırma ya da kaçma reaksiyonu, agresyon ve cinsel cevabın duygusal, davranışsal, otonomik ve endokrin yönünün sergilenmesine yöneliktir (Waxman, 2002).

Mekânsal belleğin öğrenilmesi ve sürdürülmesi limbik sistem tarafından kontrol edilmektedir. Hipokampus, özellikle öğrenme ve hafıza gibi bilişsel işlevler için kritik öneme sahiptir (Squire, 1992; He ve ark., 2008; Yoo ve ark., 2011; Ngwenya ve ark., 2015). Hipokampus, hatıraların düzenlenmesinde ve anımsanmasında görev alırken; amigdala ise hatıralarımızdaki duygusal durumların belirlenmesinde görev alır (Solomon, 2008).

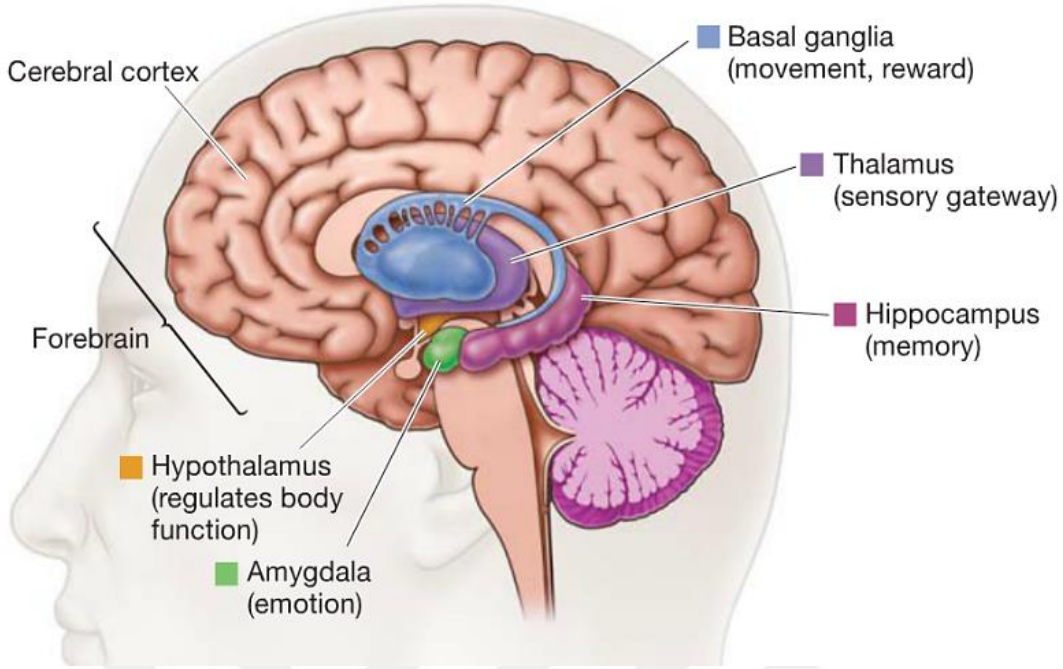
2.2.1. Hipokampal formasyon (Formatio hippocampi)

Hipokampal formasyon; hipokampus, dentat girus ve subikulumun oluşturduğu ve parahipokampus tarafından sarmalanarak kendi çevresinde katlanmış primitif kortikal bir yapıdır. Hipokampal formasyon; dentat girus, hipokampus (Ammon boynuzu), korpus kallosumun üzerindeki gri madde olan suprakallosal girus (indisum griseum), forniks ve septal bölge olarak bilinen primitif prekomissüral alandan oluşur (Waxman, 2002).

2.2.1.1. Hipokampus

Hipokampus, serebral kortekste (archicortex) en eski sistemlerden biridir (Jung ve ark., 2016). Koronal kesitte denizatina benzemesinden dolayı Latince'de aynı anlama gelen bu isimle adlandırılmıştır (Snell, 2000; Waxman, 2002).

Lateral ventrikülün inferior boynuzunun tabanı boyunca uzanan kıvrılmış gri bir cevher kabarıntısı olan hipokampusun ön ucu pes hippocampi'yi oluşturmak üzere genişlemiştir. Hipokampusun ventriküler yüzü kendi nöronlarının aksonlarından oluşan alveus adı verilen ince ak bir madde (substantia alba) ile kaplıdır. Bu aksonlar hipokampusun medial kenarında birleşerek fimbria denilen bir demet oluştururlar. Hipokampusun arka ucu ise korpus kallosumun splenium kısmının altında bulunan forniks ile birleşmiştir. Gelişimin erken evrelerinde, hipokampus beynin dış yapısının bir kısmını oluşturacak şekilde, anteriorda yer alır fakat gelişim tamamlandığında inferior ve medial kısma yerleşmiş halde son şeklini alır (Şekil 2) (Snell, 2000; Waxman, 2002).



Şekil 2. Beynin sagittal görünümü

Hipokampus, Cornu Ammonis'in baş harfi olan CA ile ifade edilir. Hücrenin yapısında olan farklılıklardan ötürü CA1, CA2, CA3 ve CA4 olarak adlandırılan alanlara bölünmüştür. CA1 subiculum, CA4 ise dentat girusa yakındır (Songur ve ark., 2001).

Dentat girus ve hipokampusun üç tabakası, archiokorteksin histolojik özelliklerini gösterir (dentrit, piramidal hücre ve akson). Hipokampusun archiokorteksinden, 6 tabakalı neokortekse uzanan transizyonel korteks (subikulum) bir juktalokorteks olup 4-5 farklı kortikal tabakadan oluşur ve mezokorteks olarak da adlandırılır (Waxman, 2002).

Hipokampus, neokorteksin birçok bölgesinden, özellikle de temporal kısımdan bilgi alır. Kortikal bilgi perforan ve alvear yollar üzerinden önce parahipokampal girustaki entorinal kortekse daha sonra dentat girusa yayılır ve buradan da hipokampusa ulaşır. Dentat girus ve hipokampus arasında sinaptik bağlantılar bulunmaktadır. Dentat girusun granüler hücrelerinden uzanan aksonlar hipokampusun CA3 bölgesindeki piramidal nöronlarda son bulur. Piramidal nöronlar fornixe dağılarak efferent yolları oluşturur. Ayrıca CA3 bölgesindeki nöronlar CA1 bölgesinden dağılarak Schaffer kollatrealerini meydana getirirler (Waxman, 2002).

Hipokampus lezyonlu olan hastalarda (Korsakoff sendromu) kısa süreli, yeni hafıza ve zaman kavramı kaybolur. Ayrıca hipokampusun uyarılması kişinin hiddetlenmesine, aşırı tepki göstermesine ve halüsinasyonlara neden olmaktadır (Aktümsek, 2001).

Histolojik olarak hipokampusa ait tabakalar, ventrikülerden başlayarak aşağı doğru sıralanacak olursa (Şekil 3):

1- Alveus : Subikulum ve hipokampusun piramidal hücre aksonlarını içerir.

2- Stratum oriens : Piramidal hücrelerin bazal dendritleri ile internöronların yerleştiği tabakadır. Buradaki çoğu nöron aksonları alveus liflerine katılır. Diğer hücre aksonları ise, en derinde yer alan moleküler tabakaya kadar uzanır.

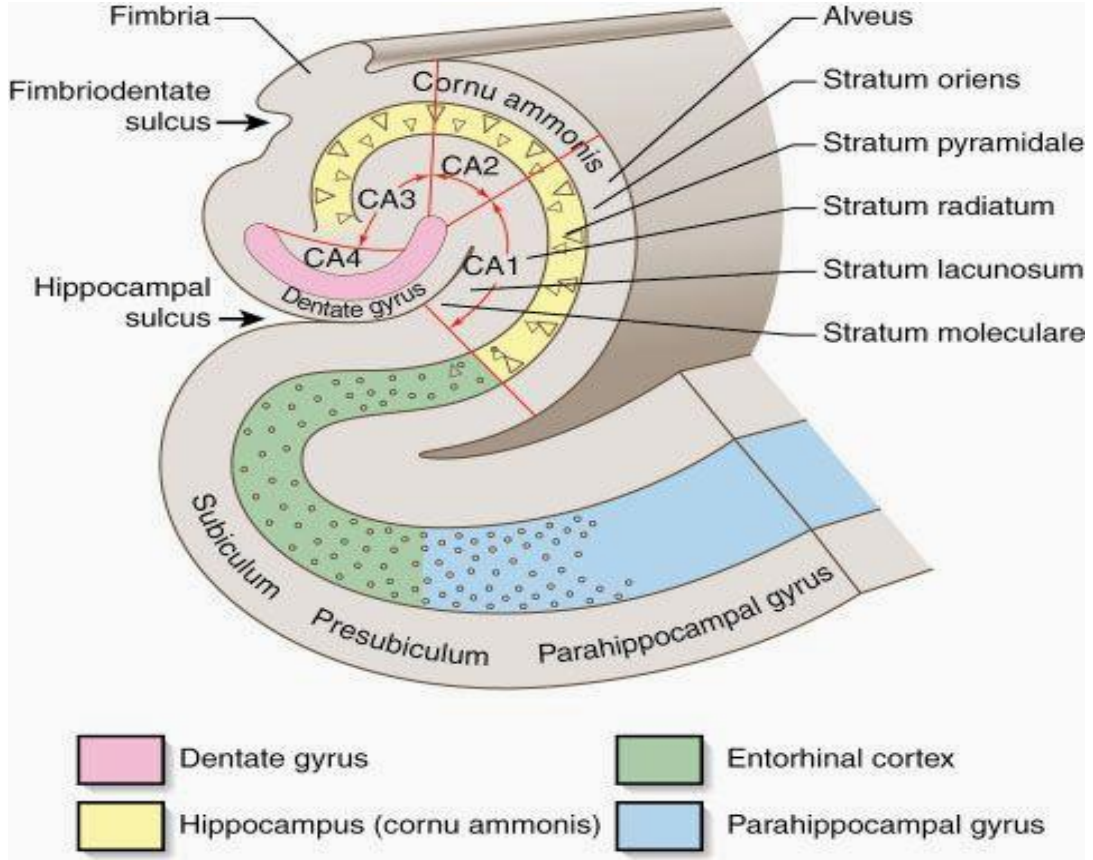
3- Stratum pyramidalis : Karakteristik olarak bu tabakada büyük piramidal ve Golgi tip II hücreleri çoğunluktadır. Piramidal hücrelerin tabanı hipokampusun ventriküler yüzeyine dönüktür ve bazal - apikal dendritleri komşu tabakalara kadar uzanır. Aksonları ise stratum oriens'ten geçerek alveus liflerine katılırlar. Hipokampusa asıl şeklini veren buradaki piramidal hücrelerin dizilimidir.

4- Stratum lucidum : CA3 alanındaki piramidal hücreler ile bağlantı sağlayan yosunsu lifler içerir. Diğer primatlara göre insanlarda daha belirgin olup CA1 ile CA2 alanlarında bulunmaz.

5- Stratum radiatum : Septal ve komissural lifler içerir. Ayrıca Schaffer kollateral lifleri içerir. Bu bölgede yüzeyde bulunan bazı internöronlar da mevcuttur (basket hücreleri, radial trilaminar hücreler vb.).

6- Stratum lacunosum : İnce bir tabakadır ve bu da Schaffer kollateral lifleri içerir. Ancak süperfisyal tabakadan entorinal kortekse uzanan bazı perforan lifler de içerirler.

7- Stratum moleculare : İnce sinir lifleri ve çok az sayıda nöron içeren 5., 6. ve 7. tabakalar bazı yazarlar tarafından stratum moleculare adı altında tek bir tabaka olarak kabul edilirken, bazı kaynaklarda 6. tabaka stratum lacunosum ve 7. tabaka stratum moleculare ismiyle belirtilmektedir (Bayer, 1980; Songur ve ark., 2001; İzci ve Erbaş, 2015).



Şekil 3. Koronal kesitte hipokampusun yapısı

2.2.1.2. Dentat girus

İnce, taraksı bir kortikal şerit olan dentat girus, parahipokampal girusun üst yüzeyine uzanan dişli ve dar bir gri cevher parçasıdır (Şekil 3). Dentat girus önde uncusa karışır; arkada ise corpus callosumun spleniumuna kadar fimbria hippocampi ile yandaş seyreder ve indusium griseum ile devam eder. Kortikal merkezin ulaştırdığı uyarıların çoğu, entorinal korteks yoluyla girus dentatusa buradan da hipokampusa iletilir. Böylece dentat girus, hipokampusa bilgi aktarımı için istasyon vazifesi görmüş olur (Snell, 2000; Waxman, 2002). Nörogenez, yaşam boyunca memelilerin hipokampal dentat girusunda meydana gelir (Gage ve ark., 1998; Ambrogini ve ark., 2000; Yoo ve ark., 2011).

Dentat girus üç tabakalıdır. Dışta sinir lifleri ve dağılık küçük nöronlardan oluşan moleküler tabaka, ortada granüler tabaka, içte ise korteksin diğer kısımlarındaki polimorf tabakanın yapısına benzeyen polimorf tabaka yer almaktadır. Granüler tabaka,

hipokampustaki piramidal hücrelerin dentritlerinde sonlanan aksonların çıktığı, sıkıca bir araya gelmiş, yuvarlak ve oval nöronlardan oluşmuştur. Birkaç akson fimbria hippocampi'ye katılır ve buradan fornix'e girer (Snell, 2000).

2.2.2. Öğrenme ve Hafıza

Öğrenme, yeni bir bilgi kazanma yeteneğidir. Hafıza veya bellek ise öğrenilen bilginin gerekli zamana kadar tutulma işlemi olarak tarif edilebilir. Öğrenme ve hafıza bir bütün halinde işler. Hafıza ile ilgili beyin kısımları frontal, parietal, oksipital ve temporal lobların korteksleri ile limbik sistemin hipokampus, amigdalooid çekirdek ve diensefalondan meydana gelmiştir. Hafıza tek bir yapı veya kısımdan oluşmaz. İnsan beyni bir kaset gibi her şeyi kaydedip saklayamaz. Gereksiz bilgileri kaydetmez (Aktümsek, 2001).

Hipokampus, daha çok uzun süreli bellekle ilgili görülmekte ve kısa süreli belleğin uzun süreli hale dönüşmesinden sorumlu tutulmaktadır. Ancak, bilgileri depo etme ve saklama görevi sadece hipokampus ile sınırlı değildir. Amigdala ve hipokampusun, işlevleri birbirinin aynı değildir ve her ikisinin kaybı, ciddi bellek sorunları ile birlikte anterograd amnezi yaratmakta ve hastanın öğrenme yetisi sadece basit refleksler, alışkanlıklar ve motor davranışlarla sınırlı kalmaktadır. Hipokampus gerçekleri hatırlamamızı, amigdala ise gerçekleri duygusal boyutuyla ilintilendirerek hatırlamamızı sağlayan yapılardır (Albayrak, 2006).

Hafızanın fizyolojisi hakkında bilinmeyenler çoğunluktadır. Hafıza ile ilgili beyinde yapısal değişiklikler değil elektriksel ve kimyasal değişiklikler geçerlidir. Glutamat, azot oksit, asetilkolin ve RNA'nın hafıza ile ilgili oldukları görülmektedir (Aktümsek, 2001). Bilgilerin kalıcılığına göre hafıza; ani hatırlama, kısa süreli ve uzun süreli olmak üzere üçe ayrılır. Kısa süreli bellek, kısa sinaptik devrelerden nörokimyasal geçişler oluşturarak, hızlı gelişir ve hızla dondurulur. Örneğin, bir telefon numarasının hatırlanması gibi bilgilerin bir müddet kullanılmasına imkân verir. Bu bilgiler en kısa zamanda unutulur. Uzun süreli bellekte ise bilgiler sağlamlaştırılıp pekiştirilir, birbiriyle bütünleşir ve yavaş kaybolur. Bize gelen bilgilerin ancak %1 kadarı uzun süreli hafızaya

aktarılarak aylar, yıllar ve hatta tüm hayat boyunca hatırlanır (Aktümsek, 2001; Waxman, 2002; Albayrak ve ark., 2006).

Kısa süreli hafızanın (en fazla 60 dakika) uzun süreli hafızaya (birkaç gün veya daha fazla) dönüşmesinde, hipokampus oldukça önemlidir. Uzun süreli hafıza ile ilgili anatomik bölge muhtemelen temporal bölgedir. Bilateral hipokampus hasarı meydana gelen hastada anterograd amnesi gelişme ihtimali olup, bu durumda, yeni öğrenilecek olan uzun süreli hafıza kayıtları bir türlü becerilemez. Bilateral forniks fonksiyonu etkilenen hastada da hafıza depolanamaz hale gelir. Hafıza, ayrıca talamusun dorsomedial nukleusu ve hipotalamusun mamiller cisimciği ile de ilgili gözükmektedir (Waxman, 2002).

2.2.3. Üç boyutlu düşünme

Hipokampusta bulunan place (yer) hücreleri, 3 boyutlu hafızada rol oynamaktadır ve nerede olduğumuz sorusuna cevap vermemizi sağlamaktadırlar. Hipokampal aktivasyon sayesinde dış ortamı algılayıp, 3 boyutlu olarak bulunduğumuz yeri hatırlarız (Waxman, 2002).

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında hipokampusu alınmış farelerin yol bulma yeteneklerinin köreldiği gözlenmiştir. Bazı çalışmalarda uzaysal yön bulma (adres düşünme gibi) insan ve farelerde ortak bulunmuş ve şoförlerin hipokampusunun normal popülasyona göre büyük olduğu saptanmıştır (Albayrak, 2006).

2.3. Hücre Ölümü

2.3.1. Nekroz

Nekroz, canlı dokuda hücre ölümünü izleyen morfolojik değişiklikler dizisini ifade eder. Fikzatiflere konulan doku ölü fakat nekrotik değildir. Nekroz, genellikle irreverzibl ekzojen zedelenmede oluşan hücre ölümünün makroskopik ve histolojik karşılığıdır (Robbins, 2003).

Nekrozun morfolojik görünümü aynı zamanda meydana gelen iki olayın sonucudur. Bu olaylar, hücrenin enzimatik sindirimi ve proteinlerin niteliklerinin değişmesidir. Sindirim, ölü hücrelerden kaynaklanan hidrolitik enzimlerle olursa otoliz, nekroz alanına gelen lökositlerin lizozomlarından kaynaklanırsa heteroliz adı verilir. Bu olayların gelişmesi için saatler gereklidir. Bu nedenle, ani ölüme neden olan myokard enfarktüsü örneğinde olduğu gibi gelişirse hücrelerdeki değişiklikler ortaya çıkarılamaz. Bununla birlikte myokardiyal hücre ölümünden 20 ile 40 dakika sonra belirgin olmayan ultrastrüktürel değişiklikler izlenebilir. Hasarlı myokardiyumdan sızan enzimler, myokardiyal hücre ölümünden en erken 2 saat sonra kan dolaşımında tespit edilebilir. İrreversibl zedelenme oluştuktan 4 ile 12 saat sonrasına kadar nekrozun klasik histolojik özellikleri ortaya çıkmaz (Robbins, 2003).

Koagulasyon nekrozu, koagüle hücre ya da dokunun temel yapısal hatlarının günlerce korunmasını ifade eder. Zedelenmenin veya sonradan artan asidozun sadece yapısal proteinleri değil enzimatik proteinleri de denatüre ederek hücrel proteolizi engellediği kabul edilmektedir. Koagulasyon nekrozunda genel doku yapısının korunması beyin hariç bütün dokularda hipoksik hücre ölümünün karakteristiğidir (Robbins, 2003).

Likefaksiyon nekrozu fokal bakteriyal veya mantar enfeksiyonları için karakteristiktir. Bunlar beyaz hücrelerin birikimi için güçlü uyarı sağlar. Patogenezi ne olursa olsun likefaksiyon ölü hücrelerin tamamen sindirimidir. Gangrenöz nekroz her ne kadar hücre ölümünün farklı bir şekli değilse de cerrahi uygulamada hala sıklıkla kullanılır. Bu terim genellikle bir ekstremitedeki iskemik koagulasyon nekrozunu ifade eder. Likefaktif özellikle enfeksiyon eklendiğinde lezyon 'yaş gangren' olarak adlandırılır (Robbins, 2003).

Kazeifikasyon nekrozu, genellikle tüberküloz enfeksiyonunun odağında saptanan nekrozun karakteristik bir şeklidir. Santral nekrotik alanın peynirimsi görünümünden dolayı kazeöz terimi kullanılmıştır. Mikroskopik olarak, nekrotik odak karakteristik bir granülomatöz iltihap halkası ile kuşatılan, belli bir yapısı olmayan, şekilsiz, granüler artıktan oluşur. Doku yapısı koagülasyon nekrozundan farklı olarak tamamen silinmiştir (Robbins, 2003).

Yağ nekrozu aslında spesifik bir nekroz şekli değildir. Daha çok, pankreas zedelenmesi sonrasında tipik olarak oluşan yağ yıkım alanlarını tanımlar. Aktifleşen pankreas enzimlerinin bitişik parankim veya periton boşluğuna patolojik sızıntısı sonucu meydana gelir. Akut pankreatit olarak bilinen bu durum, büyük sıkıntılara yol açan abdominal acil durumlar oluşturur. Aktifleşen pankreatit enzimler asiner ve duktal hücrelerden çıkarak yağ hücre membranlarını eritir ve hücre içinde bulunan trigliserit esterlerini hidrolize eder. Serbestleşen yağ asitleri kalsiyumla birleşerek makroskopik olarak görülebilen tebeşirimsi beyaz alanlar meydana getirir (yağ sabunlaşması). Bunlar, cerrah veya patoloğun bu hastalığı basit bir enspeksiyonla tanımasını sağlar. Histolojik olarak nekrotik yağ hücrelerinin yalnızca bazofilik kalsiyum birikintili gölgeli hatları ve çevrelerinde bulunan iltihabi reaksiyon izlenebilir (Robbins, 2003).

Sonuç olarak, yaşayan hastada, çoğu nekrotik hücre ve bunların artıkları lökosit fagositozu ve hücre dışı enzimatik sindirim birlikteliğinde ortadan kaldırılır. Eğer nekrotik hücreler ve hücrel artıklar tam olarak yok edilemezse, kalsiyum tuzları ve diğer mineraller bu alanlarda çökerek kalsifiye oluşur. Bu olaya distrofik kalsifikasyon denir (Robbins, 2003).

2.3.2. Apoptozis

Apoptozis, birçok önemli fizyolojik ve patolojik olaylarda programlanmış hücre ölümünden sorumludur. Bunlar;

1. İmplantasyon, organogenezis ve gelişimsel involüsyonda olduğu gibi embriyogenezis süresince hücrelerin programlanmış yıkımı
2. Menstrüel siklus süresince endometriumda veya süttten kestikten sonra memede olduğu gibi hormona bağımlı fizyolojik involusyonlar ya da kastrasyondan sonra prostatta olduğu gibi patolojik atrofi
3. Barsak kript epiteli gibi çoğalan hücrelerde hücre delesyonları veya tümörlerde hücre ölümü

4. Timusta otoreaktif T hücre delesyonları, sitokinden yoksun lenfositlerin hücre ölümü veya sitotoksik T hücreler tarafından oluşturulan hücre ölümüdür (Robbins, 2003).

2.4. Radyasyon

2.4.1. Radyasyonun tanımı

Radyasyon, ortamda yol alan enerjidir. Doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerjileri de radyasyon olarak adlandırılır (Yaren ve Karayılanoğlu, 2005).

2.4.2. Tarihçe

1895 yılında Roentgen tarafından X-ışınlarının bulunmasından kısa bir zaman sonra ilk kez Becquerel tarafından doğal radyoaktivite keşfedilmiştir. Becquerel uranyum bileşiklerinin fotoğraf plağını ışına ile kararttığını ve maddelere nüfuz ettiğini gözlemlemiştir. Daha sonra Curie'ler çalışmalarına devam ederek, radyoaktif elementleri izole ederek 1898'de ilk kez radyoaktif elementlerden polonyum ve radyumu saf olarak elde etmişlerdir. 1899 yılında Rutherford ve arkadaşları, radyoaktif elementlerin alfa ve beta ismi verilen iki tip radyasyon yaydıklarını, Villard ise gama ışınını bulmuştur. X-ışınlarının bulunması ile birlikte radyasyonların zararları da görülmüştür. X-ışınlarının ve radyoaktif ışınların deride şiddetli yanıklara yol açtığını Becquerel ve Curie'ler bizzat kendilerinde yaşamışlardır (Vural, 2005).

Radyoaktivitenin keşfi radyum içeren ilaçların tıpta geniş alanda kullanılmasına yol açmıştır. Doktorların bir kısmı radyasyon zararının ciddiyetini bilmekte, bir kısmı ise bunları içeren ilaçların dâhilen kullanılmasında bir mani görmemekteydi. I. Dünya Savaşı sırasında X-ışınları ve radyoaktif elementler birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. 1942 yılında Chicago Üniversitesi'nde görev yapan fizikçi Enrico Fermi ve arkadaşları, radyoaktif ışına ile oluşan nükleer enerjiden faydalanarak ilk atom pilini yapmış, böylece "atom enerjisi" denilen yeni ve büyük bir enerji kaynağı elde edilmiştir.

II. Dünya Savaşı'nın hızla ilerlediği zamanda, 1945 yılının Ağustos ayında, Hiroşima'ya atılan atom bombası binlerce insanın ölümüne sebep olmuştur. Fakat savaştan sonra radyasyon enerjisi insanlığın rahatlığını arttırmak ve sağlığını korumak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Tıp, veterinerlik, fizik ve kimya ve tarım gibi birçok bilim dalının gelişmesine büyük yararlar sağlamıştır. Öte yandan radyasyonun bu geniş kullanma alanı insan sağlığı için tehlike oluşturmaktadır (Vural, 2005).

2.4.3. Radyasyon sınıflaması

Radyasyon, parçacık ve dalga tipi radyasyon olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Parçacık radyasyonu, belli bir kütle ve enerjiye sahip olup çok hızlı hareket eden parçacıkları ifade ederken; dalga tipi radyasyon, belli bir enerjiye sahip fakat kütesiz radyasyondur. Dalga tipi radyasyon, titreşim yaparak ilerleyen elektrik ve manyetik enerji dalgaları gibidir. Bütün elektromanyetik dalgalar boşlukta ışık hızıyla (3×10^8 m/s) hareket ederler (Yaren ve Karayılanoğlu, 2005).

Parçacık ve dalga tipi radyasyonları da iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlar, 'iyonlaştırıcı' ve 'iyonlaştırıcı olmayan' radyasyonlardır. İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyondur. İyonlaşma, radyasyonla etkileşen herhangi bir maddede ve insanlar dâhil tüm canlıların vücudunda meydana gelebilir (Yaren ve Karayılanoğlu, 2005).

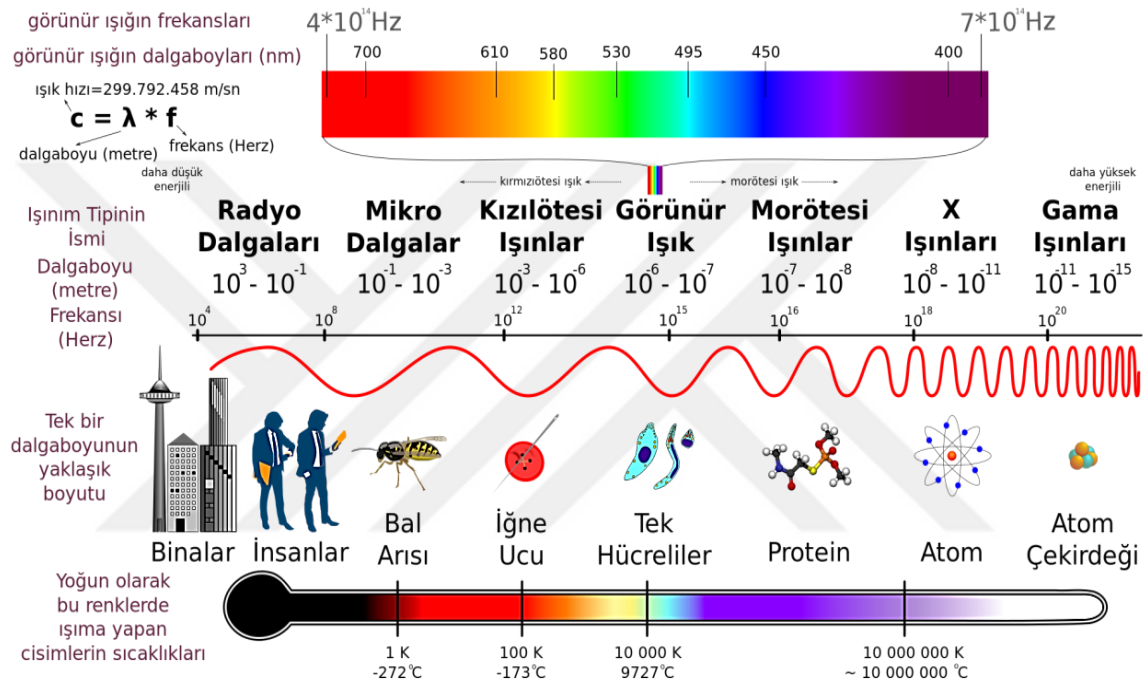
2.4.3.1. İyonlaştırıcı radyasyon (Nükleer radyasyon)

Madde içinden geçerken bulunduğu ortama enerji aktararak ortamdaki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla iyonlaştıran radyasyona iyonlaştırıcı radyasyon (iyonize) denir. Radyoaktif bozunma sonucu, atom çekirdeğinden ortaya çıkan iyonlaştırıcı radyasyonlar alfa parçacıkları, beta parçacıkları ve gama ışınlarıdır (Arıkan, 2007).

2.4.3.2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon (Elektromanyetik radyasyon)

İyonlaştırıcı olmayan (non-iyonize) radyasyon atomik bağları kırmak için yeterli enerjisi bulunmayan fotonları içeren elektromanyetik parçalar için kullanılan bir

terimdir. Bu gruba giren dalgalar, az enerjiden yüksek enerjiye doğru, radyo dalgaları, mikro dalgalar, infrared radyasyon, görünür ışınlar, laser ışınları, ultraviyole ışınları, olmak üzere sıralanırlar. Yüksek yoğunluktaki non-iyonize radyasyon biyolojik sistemde iyonizasyona neden olmayabilir. Fakat başka biyolojik etkileri görülebilir. Örneğin kimyasal reaksiyonlarda değişmeye, ısınmaya, hücre ve dokularda elektrik akımının indüklenmesine neden olabilirler (Yağmur ve ark., 2003).



Şekil 4. Elektromanyetik spektrum

2.4.4. Radyasyon dozu ve birimleri

Bir maddenin belli bir zamanda kullandığı veya tükettiği miktarına doz denir. Hedef kütle için belirli bir zamanda, alınan veya soğurulan radyasyon miktarına radyasyon dozu denir. Gereken tedbirler alınmadığı takdirde, belli bir sürede belli bir miktarın üzerinde radyasyon enerjisi soğuran canlılarda bazı zararlı etkilerin meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu etkinin büyüklüğü radyasyon çeşidi, soğurulma hızı ve soğurulan radyasyonun miktarı bilindiği zaman belli olur. Bu faktörler bilindiğinde radyasyonun insan sağlığı ve diğer canlı ve cansız varlıklar üzerinde bırakacağı etki kolayca belirlenebilir. Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi (ICRU), radyasyon

çalışmalarında kullanılmak üzere bazı özel kavramlar ve birimler tanımlamıştır. Bu kavramlar; aktivite, soğurulma dozu, doz eşdeğeri ve ışınlama dozudur. Özel birimleri ise sırasıyla; Curie (Ci), rad, rem ve Röntgen (R)'dir. Fakat bu özel birimler, 1986 yılı itibariyle terk edilmiş ve yerine dünyada kullanılan birimlerin aynı olması düşüncesi ile M.K.S. sistemini esas alan "Uluslararası Birimler Sistemi (SI)" kullanılmaktadır. Aynı kavramlar için SI birimleri sırasıyla Becquerel (Bq), Gray (Gy), Sievert (Sv) ve Coulomb/kg olarak seçilmiştir (İskender, 2005).

Tablo 1. Radyasyon dozunun eski ve yeni birimleri (Gökharman ve ark., 2016)

TERİM	BİRİMİ		DÖNÜŞÜM
	ESKİ	YENİ	
İŞINLANMA DOZU	Röntgen (R); normal hava şartlarında (0°C ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1kg'ında 258x10 ⁴ Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya Y radyasyonu miktarıdır.	Coulomb / kilogram (C/kg); normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya Y radyasyonu miktarıdır.	1C/kg = 3876 R 1R = 2.58x10 ⁻⁴ C/kg
SOĞURULMUŞ DOZ	Radiation absorbed doz (rad); ışınlanan maddenin 1 kg'ında 10 ⁻² Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	Coulomb / kilogram (C/kg); normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya Y radyasyonu miktarıdır.	1Gy = 100 rad 1rad = 0.01 Gy
DOZ EŞDEĞERİ	Röntgen eguealent man (rem); 1 Röntgen'lik X veya Y ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. Rem = (rad)x(W _R)*	Sievert (Sv); 1 Gy'lik X ve Y ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. Sv = (Gy)x(W _R)*	1 Sv = 100 rem 1 rem = 0.01 Sv

2.4.5. Soğurulan radyasyon dozu

Soğurulan doz birimi, kütle başına depolanan enerji miktarı olarak tanımlanır. Soğurulan doz için geleneksel birim rad'dır (radiation absorbed dose) ve soğuran ortamın, tipik olarak dokunun, 1 gramında 100 erg'lik enerjinin soğurulmasına eşittir (Martin, 2013).

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$$

Soğurulan dozun birimi gray olup, ortamın kilogramı başına soğurulan 1 J'lük enerji olarak tanımlanır:

$$1\text{Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rad}$$

Bir miligray (mGy) 100 mrad'dır. Bu da, radon hariç, bir kişinin doğal radyasyondan yaklaşık bir yılda aldığı radyasyon miktarıdır. Doğal radyasyon kaynaklı yıllık doz (1 mGy'ye veya 100 mrad'a eşit) bir kişinin aldığı radyasyon dozu için uygun bir referans noktası olduğu için bu bağıntı iki birim sistemi arasındaki dönüşüm için de uygundur (Martin, 2013).

Soğurulan doz hızını kullanmak oldukça yaygındır. Bilinen doz hızları, rad/s, mrad/sa ve benzerleridir. SI birim sisteminde doz hızları Gy/s, mGy/sa vb. gibi ifade edilebilirler. Gy birçok durumla karşılaştırıldığında büyükçe bir birim olduğundan, çoğunlukla $\mu\text{Gy/sa}$ birimi kullanılır (Martin, 2013).

2.4.6. Radyasyon doz eşdeğeri

Soğurulan enerji aynı olsa da farklı tip radyasyonlar farklı miktarlarda biyolojik hasara sebep olduğundan doz eşdeğeri tanımına gereksinim duyulur. Biyolojik etkiler yalnızca soğurulan toplam enerjiye değil, radyasyonun yolu boyunca dağılımına da bağlıdır. Radyasyon hasarı, radyasyonun lineer enerji transferi (LET) ile artar, soğurulan doz aynı olsa bile, yüksek-LET'li radyasyonun yaptığı (örneğin, alfa parçacıkları, nötronlar vb.) biyolojik hasar, düşük-LET'li radyasyonunkinden (beta parçacıkları, gama ışınları, x-ışınları vb.) çok daha büyüktür (Martin, 2013).

H ile gösterilen doz eşdeğeri, soğurulan doz ile radyasyon tipine bağlı hasarı tanımlayan bir Q -kalite faktörünün çarpımıdır:

$$H (\text{doz eşdeğeri}) = D (\text{soğurulan doz}) \times Q (\text{kalite faktörü})$$

Geleneksel birim sisteminde doz eşdeğerinin birimi rem'dir ve

$$\text{rem} = \text{rad} \times Q$$

ile hesaplanır. Q değeri radyasyon tipi ile değişir: x-ışınları, gama ışınları ve elektronlar için $Q=1$, alfa parçacıkları ve fisyon ürünleri için $Q =20$ ve farklı enerjilerdeki nötronlar için $Q =2-10$ 'dur.

$$\text{Sievert} = \text{Gy} \times Q$$

Sievert, 100 rem'e karşılık gelen oldukça büyük bir birimdir. Çoğunlukla radyasyon çalışanlarının ve toplumun maruz kaldığı radyasyon doz eşdeğeri için mSv veya μSv kullanılır (Martin, 2013).

2.4.7. Radyasyon pozu

Poz (ışınlama) terimi, elektrik yükünün biriktirilmesiyle doğrudan ölçülebildiğinden X veya gama ışınlarının hava içerisinde oluşturdukları iyonizasyon miktarını tanımlamada kullanılır, fakat canlıda biriken doz bu kadar kolay ölçülemez. Roentgen radyasyon pozu birimidir; sadece hava için tanımlıdır ve X-ışınları ile 3 MeV civarındaki gama ışınlarına uygulanır. Bir miliroentgen (mR) 0.001 R'dir. Işınlama hızları çoğunlukla birim zaman başına roentgen, yani R/s, mR/sa vb. olarak ifade edilirler. Roentgen hava içerisinde tanımlandığından, radyasyon dozu değildir fakat uygun düzeltme ile doza dönüştürülebilir (Martin, 2013).

2.5. Radyasyon Kaynakları

İnsanoğlu var olduğundan beri radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünyanın oluşumuyla beraber tabiatta yerini alan uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Nükleer bomba denemeleri ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile bu doğal düzey ciddi bir artış göstermiştir. Maruz kalınan radyasyon seviyesinin büyüklüğünü etkileyen birçok neden vardır. Bunlardan bazıları yaşanılan yer, yerin toprak yapısı, binalarda kullanılan malzemeler, hava şartları, kutuplara olan uzaklık ve mevsimlerdir. Alçak basınç, yüksek basınç, yağmur, kar ve rüzgâr yönü gibi faktörler de doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü ölçer (Coşkun, 2011).

Radyasyon kaynakları, doğal ve yapay kaynaklı olabilmektedir. Doğal radyasyon, insanların katkısı olmadan oluşan radyasyonlardır. Dış veya iç kaynaklı olabilir. Yeryüzündeki kaya ve toprağın yapısında bulunan radyoaktif elementlerin yaydığı radyasyonlar ve kozmik ışınlar dış kaynaklı doğal radyasyonlardır. Canlı vücutlarında doğal olarak var olan potasyum-40 ve radyum-226 gibi radyoaktif izotoplardan yayılan radyasyonlar ise iç kaynaklı doğal radyasyonlardır. Yapay radyasyon, insanoğlunun teknolojik gelişmeler sonucunda çevreye verdiği radyoaktiflerden kaynaklanır. Son zamanlarda silah ve nükleer güç tesislerinden dolayı doğal radyasyon düzeyinde artış oluşmuştur. Radyasyon barış için kullanıldığında hayatımıza birçok kolaylık sağlamaktadır. Doğal radyasyon tüm dünyayı etkilerken, yapay radyasyon o çevredeki kişiyi etkiler (Coşkun, 2011).

2.5.1. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynakları

İyonize olmayan radyasyon formuna verilebilecek en iyi örnek ultraviyole radyasyondur. UV, güneş tarafından yayılan fakat gözün algılamadığı radyasyon tipidir. UV radyasyonu farklı dalga boyuna sahip üç ayrı alanda incelenebilmektedir. UVA 315-380 nm, UVB 280-315 nm ve UVC ise 190-280 nm dalga boyları arasında yer almaktadır. Dalga boyu ile radyasyon enerjisi arasında ters bir ilişki vardır. Bu nedenle dalga boyu en az ve enerjisi en yüksek olan UVC'nin daha ağır hücrel hasarlara neden olduğu söylenmektedir. Dalga boyu en yüksek ve enerjisi en az olan UVA'nın ise hücrel zararlarının diğerlerine göre tolere edilebilecek seviyede olduğu söylenmektedir. Ozon tabakası, UVB'nin de %90'nını, UVC'nin ise neredeyse tamamını absorbe edebilmektedir. UVA ve UVB'nin %10'luk kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. UV radyasyon, immün baskılanma, ekstraselüler matrikste değişiklikler, deri yaşlanması ve deride yanmayı içine alan etkiler yaratmaktadır (Oskay, 2008).

2.5.2. İyonlaştırıcı radyasyon kaynakları

Hayatımıza farklı şekillerde giren, yeryüzünde uranyum bozunumu gibi doğal işlemler ve X ışınlarının tıpta kullanılması gibi yapay işlemler sonrası oluşan radyasyona iyonlaştırıcı radyasyon denir. Radyasyon kaynağına bağlı olarak doğal ya da yapay olarak sınıflandırılabilir. Doğal radyasyon kaynakları, yerküreden gelen gama

ışınlarını, kozmik ışınları, havadaki radon bozunum ürünlerini, yiyecek ve içeceklerde var olan çeşitli radyonüklitleri içerir. Yapay radyasyon kaynakları, nükleer silah denemelerinden sonra oluşan atmosferdeki radyoaktif serpintileri, tıbbi X ışınlarını, nükleer endüstrinin radyoaktif atıkları, endüstriyel gama ışınları ve tüketici ürünleri gibi çeşitli öğeleri içerir (TAEK, 2009).

2.6. Radyasyon Hasarı

Radyasyon sonrası oluşabilecek hasarlar üç tiptir:

- 1- Letal hasar: Onarılamayacak derecede olup, hücreyi ölüme götürür.
- 2- Subletal hasar: Tek başına ölümcül değildir. Olumsuz çevre koşullarının devamında gelişebilir ve uygun koşullarda onarılabilir.
- 3- Potansiyel letal hasar: Kısa bir sürede gerçekleşen hücre bölünmesindeki hasar ölümcüldür fakat bölünme gecikirse hasar onarılabilir. Bundan dolayı iyonizan radyasyon kanser tedavisinde uygulanmaktadır (Ağaçkanlı, 2014).

2.6.1. Radyasyonun vücutta hasar oluşturma olasılığı

Radyasyon hasarı şu büyüklüklere bağlıdır:

- Dozun büyüklüğü: Doz ile hasar riski orantılı olarak artar.
- Dozun süresi: Doza maruz kalınan sürenin artması ile etkisi azalır ve böylece risk de azalmış olur (Örneğin 1 Sv'lik bir dozun 1 yılda alınması, 1 saatte alınmasına göre daha az hasar oluşturur).
- İyonlayıcı ışının cinsi: Enerjisiz aynı dozda olan yoğun iyonlaştırıcı ışınlar (alfa), seyrek olan ışınlarla göre (beta, gama) daha etkili olduğu için yoğun iyonlaştırıcılarla riski de artar.
- Hedef dokunun cinsi ya da duyarlılığı: Doku farklılık gösterdikçe iyonlaştırıcı ışına karşı direnç de artar.

- Işınlanan canlının yaşı: Çocuklar ve anne karnındaki bebekler, iyonlaştırıcı ışınlarla yetişkinlere göre çok daha duyarlıdırlar (Atakan, 2014).

2.6.2. Radyasyonun vücutta oluşturabileceği erken hasarlar

Radyasyon ışılandıktan sonra erken hasarın oluşması yüksek bir eşik doz değeri gerekir, bu doz bir kezlik ışınlamada 300 mSv kadardır. Radyasyonun dozu arttıkça, vücutta oluşan erken hasar büyüklüğü artar. Aşırı dozla oluşan cilt yanıkları ve katarakt örnek verilebilir (Atakan, 2014).

2.6.3. Radyasyonun vücutta oluşturabileceği geç hasarlar

Gövdesel geç hasarlar uzun yıllar sonra ortaya çıkabilir. Her ne kadar hücrelerdeki bozunmalar ışınlama sonrası oluşsa da, ilgili organa veya tüm organizmaya yayılıp hasar oluşturması daha geç olabilir. Kötü huylu olmayan geç hasarlar belli bir eşik doz değeri aşıldığı zaman ortaya çıkabilir. Ayrıca, eşik doz değerinin altında olan ve birçok kez yinelenen ışınlamalar da geç hasara neden olabilir (Atakan, 2014).

Doz arttığı zaman hasar büyüklüğü değil hastalık veya hasarın olma olasılığı artar. Bu hasarların belli bir kişi veya toplulukta hangi kişide ortaya çıkacağı önceden tahmin edilemediği için böyle hasarlara rastgele hasarlar denir (Atakan, 2014).

2.6.4. Öldürücü doz olasılığı ve değerleri

Vücudun tamamı bir kez 4.000 mSv'lik (=4 Sv) ışına maruz kaldığında, herhangi bir tedbir alınmazsa, kişi yüzde elli ihtimalle bir ayda ölebilir. Yani ölüm olasılığı veya riski denilirken, mesela 1000 kişinin her biri 4.000 mSv'lik bir doza maruz kaldığında, bunların yarısının ölebileceği anlaşılıyor. 7.000 mSv'lik bir dozda ise, iyileştirici bir tedbir alınmazsa yüksek bir olasılıkla o kişinin ölümüyle sonuçlanıyor (Atakan, 2014).

2.7. Radyasyon Ölçümü

Radyasyonun ölçülebilmesi için radyasyon ile maddenin etkileşmesi gerekir. Radyasyon maddeye çarptığında fotokimyasal, kimyasal, iyonizasyon, flüoresans ve fosforesans gibi olaylara sebep olur ve enerjisini kaybeder. Radyasyonun bu özelliğinden faydalanılarak bunların deteksiyonunu ve ölçülmesini sağlayan cihazlar yapılmıştır. Ölçme ev deteksiyon cihazlarının bir grubu parçacık yüklerinden yararlanırken, diğer bir grubu yüklerin toplanması prensibinden yararlanır. Fotoğraf metodu, Wilson sis odası metodu ve sintilasyon sayıcıları ilk gruba girerken; iyon odaları, orantılı sayıcılar ve Geiger-Müller sayıcıları ikinci gruba girer (Demir, 2008).

2.8. Radyasyonun Etkileri

2.8.1. Radyasyonun hücre üzerine etkileri

Hiçbir hücre radyasyona dirençli değildir. Hücredeki yapılardan olan çekirdek ve kromozomlar, radyasyona daha fazla duyarlıdır. Radyasyonun hücrede oluşturduğu en bariz etki hücrede büyümeyi baskılamasıdır. Genellikle bölünme sırasında radyasyona maruz kalan hücrelerin büyümesi kesintiye uğramaktadır. Mitotik aktivite oranı çok olan hücreler radyasyona daha duyarlıdır (Kaya, 2002).

Radyasyon; kromozomların kırılıp kıvrılmalarına, birbirine kenetlenmelerine ve yapışmalarına yol açar. Kromozomda oluşan kırıklar tekrar örgütlenebilir, aynı kalabilir ya da başka bir kromozom ile birleşme sağlayabilir. Bütün bu değişiklikler mutasyonla sonuçlanabilir veya hücrenin ölümüne yol açabilir (Kaya, 2002).

2.8.2. Radyasyonun biyolojik etkileri

Bir canlıda iyonlaştırıcı radyasyonun biyolojik bir hasar oluşturabilmesi için radyasyon enerjisinin hücre tarafından soğurulması gerekir. Bu soğurma sonucunda hedef molekülde iyonlaşma ve uyarılmalar meydana gelir. Sonradan oluşabilecek biyolojik hasarların başlatan bu iyonlaşmalar, hücrenin genetik bilgilerini taşıyan DNA zincirlerinde kırılmalara ve hücre içinde kimyasal toksinlerin üremesine neden olabilir. Kırılmaların hemen ardından bir onarım faaliyeti başlar. Hasar çok büyük değilse DNA

üzerinde meydana gelen bu kırılmalar onarılabılır. Fakat bu onarım sırasında da hatalar oluşabilir, yanlış şifre ve bilgi içeren kromozomlar oluşabilir (Erdösemeci, 2014).

Bütün radyasyonların esas olarak biyolojik etkileri aynıdır. İyonizasyonun tek bir hücrede gösterdiği biyolojik etki radyasyonun cinsine bağlı olmaksızın vücutta meydana getirdiği zarar, dokunun yapısına, radyasyon dozuna, maruz kalma süresine ve radyasyonun RBE (rölatif biyolojik etki) değerine bağlıdır. İyonizasyon hemen oluştuğu halde biyolojik cevap yavaştır. Örneğin bir gen molekülünün iyonizasyonu ile hemen mutasyon olabilir, fakat bunun sonucu ancak üreme (reproduktif) döneminde görülür. İyonizasyon radyasyonların nükleik asit sentezini bozdukları, önemli enzim yapılarına zarar verdikleri, mitotik mekanizmayı bozarak gen ve kromozomları hasara uğrattığı belirtilmiştir (Vural, 2005).

2.8.2.1. İyonize radyasyonun moleküler düzeyde etkileri

Moleküler düzeyde değişim; direkt ya da indirekt yolla oluşmaktadır. Direkt yolda, değişen molekül direkt iyonize radyasyona maruz kalır ve ekzite olur. İndirekt yolda ise iyonize radyasyon sonucunda meydana gelen ara ürünlerin bazıları, farklı bir reaksiyona girerek moleküllerin değişimine sebep olmaktadır (MEB, 2011b).

2.8.2.2. İyonize radyasyonun hücresel düzeyde etkileri

Kontrol merkezi çekirdek olan hücre biyolojik dokunun en temel birimidir. Hücre çekirdeği, anlaşılması güç bir yapıdır ve atom çekirdeği ile karıştırılmamalıdır. Hücrenin yaklaşık olarak %80'i sudur, %20'lik kısmı ise karmaşık biyolojik bileşiklerdir. İyonlaştırıcı radyasyon dokudan geçerken yüklü su molekülleri oluşturur. Bunlar serbest hidroksil radikali (OH) gibi, serbest radikal denilen oluşumları meydana getirir. Serbest radikaller kimyasal yönden oldukça reaktiftir ve hücredeki önemli molekülleri değiştirebilirler (TAEK, 2009).

Radyasyonun esas hedefi DNA'dır. Normal şartlar altında DNA'da oluşan kırıklar birkaç dakika veya saat içinde tamir edilir ve apoptoza uğramaz. Fakat çift zincir kırıklarından sonra genellikle hücre ölümü gerçekleşir (Yeyin, 2015).

2.8.3. İyonize radyasyonun somatik etkileri

İyonlaştırıcı radyasyonların somatik etkileri radyasyona maruz kalan kişinin yaşamı boyunca ortaya çıkan etkilerdir. Somatik etkilerin cinsi ve önemi birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan en önemlileri; maruz kalınan toplam radyasyon dozu, radyasyon dozunun alındığı süre ve radyasyona maruz kalan vücut alanıdır (Köklü, 2006).

Radyasyonun bir bütün olarak organizmaya etkileri incelendiği takdirde bu etkilerin örneğin insan vücudunun tümünün veya sadece bir kısmının ışınlanmasına bağlı olarak değiştiği görülür. Ayrıca vücudun sadece bir kısmı ışınlandığı takdirde bu kısmın vücutta bulunduğu bölgenin ve alanının büyüklüğü, meydana gelecek etkiler bakımından da büyük önem taşımaktadır (Köklü, 2006).

2.8.4. Radyasyonun genetik etkileri

Radyasyon, kromozom ve DNA üzerinde kalıcı değişimlere sebep olabilir. Bu durum mutasyon olarak ifade edilir. Mutasyon, somatik hücrede olduğu zaman hücre ölür veya işlevini kaybeder. Fakat bir sonraki nesillere aktarım olmaz. Gonat hücrelerde meydana gelen mutasyon ise diğer nesillere aktarılır. Radyasyona maruz kalmış kromozom yapısal veya sayısal değişikliğe uğrar veya DNA'da kırık veya eklenmeler meydana gelir (MEB, 2011b).

Düşük bir radyasyon dozu kromozomlarda sapma ve hatalara yol açabilir. Buna aberasyon denir. Aberasyonlar kromozomlarda veya kromatitte olur. Kromozom sapmaları terminal delesyon (uçtan kopma), inversiyon (ters yere lokalize olma), ara kırıkları ve silinmeleri (intertisyel delesyonlar), halka veya disentrik kromozom şeklinde oluşabilir. Kromatitte aberasyonlar ise anafazda köprüleşme ve translokasyon şeklindedir (MEB, 2011b).

2.8.5. İyonize radyasyonun fetüse etkisi

Radyasyonun ana rahminde iken ışınlanması sonucu oluşan riskler, özel dikkat gerektirir. Organların oluşması sırasında embriyo veya fetüsün radyasyon ile

ışınlanması, mikrosefali gibi gelişme bozukluklarına veya zekâ geriliğine neden olabilir. Atom bombası sonrası, anne karnında radyasyon ile ışınlananlardan sağ kalanlar üzerinde yapılan çalışmalar, zekâ geriliğinin esas olarak hamile kalındıktan sonraki 8. ve 15. haftalar arasındaki dönemde gerçekleşen ışınlamalar sonucu olduğunu göstermiştir. ICRP, en hassas dönem olan 8-15 haftaları arasındaki ışınlamada doğrudan doza bağlı olarak zekâ seviyesinde azalma olacağını varsayar (TAEK, 2009).

Embriyo ve fetüsün maruz kaldığı yüksek dozlar ciddi şekil bozukluklarına ve ölüme neden olabilir. Bu etkiler için eşik değeri 0.1 ile 1 Sv arasında veya hamilelik dönemine bağlı olarak daha yüksektir. Doğum öncesi ışınlama, çocukluk dönemindeki kanser riskinin de artmasına neden olabilir. Bu nedenlerden dolayı, hamileler doğuma kadar karın bölgesinde tanısız X-ışını tetkiklerini yaptırmaktan mümkünse kaçınmalıdırlar (TAEK, 2009).

2.9. Radyasyondan Korunma

Radyasyondan korunmak için alınması gereken önlemler genellikle üç başlık altında toplanır. Bunlar; zaman, mesafe ve zırlama'dır (Bakar, 2012).

Zaman

Radyasyon kaynağının bulunduğu ortamda geçirilen zaman az olursa alınan dozun oranı da az olur (Bakar, 2012).

$$\text{Alınan Doz} = (\text{Doz Şiddeti}) \times (\text{Zaman})$$

Mesafe

Radyasyon kaynağından mümkün olduğunca uzak durmak gerekir. Ters kare kanunu olarak da bilinen kanuna göre; radyasyonun şiddeti, mesafenin karesi ile ters orantılı bir şekilde değişim göstermektedir (Bakar, 2012).

Zırhlama

Radyasyonun etkisini azaltmak için önüne konulan engele zırh denilmektedir. Zırh için yüksek yoğunluktaki maddeler tercih edilir. Volfram, kurşun, çelik ve beton zırh için kullanılan maddelere örnek verilebilir. Zırhın kalınlığı, yoğunluk yüksek olduğunda azalır. Bunları belirlerken radyasyonun türü önemlidir. Örneğin, alfa ışınımının giriciliği çok az olduğu için atom numarası düşük alüminyumdan yapılmış 0.5 mm lik ince bir levha zırh için yeterli olur. Fakat beta ışınımı daha girici olduğundan daha kalın alüminyum levha veya atom numarası yüksek kurşun ince levha tercih edilir. Nötronların giriciliği çok yüksek olduğu ve madde içerisinden geçerken iyonlaşmaya sebebiyet verdiği için farklı zırh kullanılmalıdır. Zırh yapımında tercih edilen materyal hem nötronları hem de iyonizasyonu engellemelidir. Bunun için en uygun zırh içinde demir kırıntısı veya demir dolgu olan çimentodur. X-ışını veya gama ışınları oldukça girici olduğundan daha etkin bir zırhlama gerekir. Çalışma sırasında radyasyona maruz kalmamak için çalışan ile kaynak arasındaki bölme kurşun, beton ve dolu tuğlalar ile zırhlanmalıdır (Bakar, 2012).

2.10. Elektromanyetik Alan

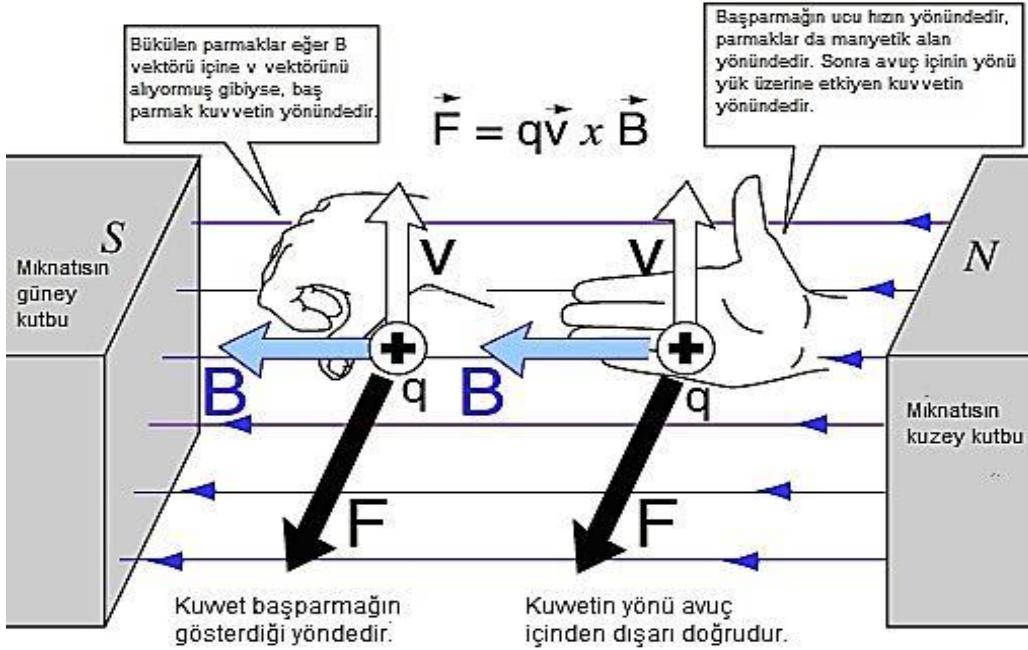
Elektromanyetik alan, manyetik ve elektrik alana sahip elektromanyetik enerjisi olan bir kuvvet alanı olarak tanımlanır. EMA'lar mıknatıstaki kuzey-güney kutupları gibi durağan olabilir veya herhangi bir frekansta salınım yapabilir. Evlerdeki elektriksel tesisat veya güç iletim hatlarının yaydığı alanlar ortalama 50 Hz olup bu frekanstaki alanlara, çok düşük frekanslı (ELF) alanlar denir. Cep telefonları, uydu haberleşmeleri, mikrodalga fırınları gibi alanlarda kullanılan alanlara ise radyo frekanslı alanlar (RF) denir. Bu tür alanlar, nükleer radyasyon farklılığını gözetmek için iyonize olmayan radyasyon terimi ile de tanımlanabilir. Bunların madde ile etkileşmesinde moleküler seviyede kimyasal bağları koparacak miktarda enerji yoktur. Ancak hücre seviyesinden biyolojik etkileşmelere neden olabilir (Şeker ve Çerezci, 2000).

2.10.1. Elektrik alan

Elektrik alan (E), bir noktadaki +1 Coulomb'luk yükü etkileyen kuvvettir ve vektörel bir büyüklüktür. E alanının birimi Newton/Coulomb (Nt/C) veya Volt/metre (V/m) olarak ifade edilir (Sırav Aral, 2008).

2.10.2. Manyetik alan

Manyetik alanlar, hareketli olan yüklerin yani akımların etrafında oluşur. Manyetik alan (B) vektörel bir büyüklüktür. Birimi Tesla (T) ile gösterilir. 1 Tesla=10⁴ Gauss olarak ifade edilir. Şekil 5'te ok yönündeki akım, çubuğun çevresinde bir manyetik alan oluşturmaktadır. Sağ el kuralıyla mıknatıs ve akımı olan tel çubukta; kuvvet, akım ve manyetik alan yönünü bulabiliriz. Sağ başparmak akımın yönünü, diğer parmaklar manyetik alanın yönünü, avuç içinden çıkan dikme ise manyetik kuvvetin yönünü belirtir (Sırav Aral, 2008).



Şekil 5. Bir iletenden geçen akımın yarattığı manyetik alan çizgileri

2.11. Özgül Emilim Oranı (SAR)

Bir dokunun ya da vücudun maruz kaldığı elektromanyetik alan özgül emilim oranı (specific absorption ratio=SAR) olarak tanımlanır. Bu oran vücuda verilmiş olan enerjinin değerlendirmesini bir birim zamana karşı bir birim kütle olarak verir ve watt bölü kilogram (W/kg) olarak tanımlanır. Bu özgül veya özel emilim alanı aşağıdaki formülle belirlenir.

$$SAR= |E|^2 \sigma / \rho$$

Bu formülde σ ortamın elektrik iletkenliğini gösterirken, ρ ortamın yoğunluğunu ifade eder ve kg/m^3 olarak ifade edilir (Güden ve ark., 2001).

2.12. Wi-Fi (WLAN)

Wi-Fi bugün en çok kullandığımız IEEE 802.11 denen WLAN şebekesini ifade eder. Wi-Fi, 2.4 GHz ISM bandında ve 5 GHz bandında veri aktarımı için oluşturulan bir standarttır. Günümüzde kablosuz internet bağlantısı için kullanımı yaygınlaşmıştır. Wi-Fi mobil telefonlar, dizüstü bilgisayarlar ve diğer taşınabilir cihazların yakınındaki kablosuz erişim noktaları aracılığıyla yerel alan ağına bağlanabilme imkânı sağlamaktadır. Günümüzde bu yaklaşım yeni bir altyapı kurma yükünü hafiflettiğinden dolayı oldukça yaygınlaşmıştır. Wi-Fi ile alınan sinyal gücü kullanılarak konum belirleme de yapılabilir (Gürlek, 2009). Lokal kullanımı nedeniyle WLAN sistemlerinin mesafesi 25-100 m kapsama alanındadır (Kavruk, 2015).

2.13. Elektromanyetik Alanların Etkileri

2.13.1. Manyetik alanın insan sağlığına etkileri

Son yıllarda elektromanyetik tayftaki çoğu bölümün enerji türü günlük hayatta kullanılmaktadır. Ayrıca elektrikli ev aletlerinin ve kablolarının, büro ve iş makinelerinin, bilgisayar ekranlarının, elektrik dağıtım ve iletim hatlarının yaydığı elektromanyetik alanlar da mevcuttur. İnsan icadı elektrik sistemlerinin bütün elemanları doğal değerlerin çok üzerinde manyetik alan oluşturur. Geçmişte hiçbir canlı

türü, bu kadar yoğun elektromanyetik alanların etkisi altında kalmamıştır. Tıptaki ve elektrik teknolojisindeki hızlı ilerlemelere karşın, elektromanyetik alanların biyolojik dokulara ve insan sağlığına üzerine etkileri yeterince araştırılmamıştır. Bu yüzden tartışmalı bir konudur. Son 30 yılda ABD ve Avrupa başta olmak üzere tüm dünyada yüzlerce araştırma yapılmıştır. Kimi araştırmalarda ciddi sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin 1994'te ABD'de ve Finlandiya'da yapılan araştırmalar, elektromanyetik alanların çok sık etkisinde kalan işçilerde Alzheimer hastalığının normal insanlara göre erkeklerde 4.9 kat, kadınlarda ise 3.4 kat daha fazla görüldüğünü ortaya koydu. 1998 yılında yapılan bir araştırmada ise radyo operatörleri, endüstriyel donanım ve telefon hattı işçileri, veri işleme aygıtı tamircileri, elektrik santralleri ve trafo merkezinde çalışan işçilerle film makinistlerinde Parkinson hastalığı, Alzheimer hastalığı ve başka nörolojik bozuklukların daha çok görüldüğü ortaya çıkmıştır (Kiray, 2010).

2.13.2. Elektromanyetik alanın santral sinir sistemi üzerine etkileri

1950–1986 yılları arasında 5 elektrik şirketinde çalışan toplam 13900 işçiden 6000 tanesi üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Bu kişiler ortalama 16 yıldır aynı işte çalışmaktadırlar. Araştırmaya göre bu işçilerde normal topluma göre intihar riski 2 kat daha fazla bulunmuştur. İntihara teşebbüs edenlerin yaşı 50'den küçüktür. Bu sonuçlara göre EMA melatonin hormonu üretimini azaltmaktadır denilebilir. Melatonin seviyesinin azalması ile depresyon meydana gelmektedir. Ayrıca ev aletlerinin yaydığı elektromanyetik alan nöroendokrin ürünlerin salgılanmasına etki ederek uyku fazlarının bozulmasına da neden olmaktadır (Kiray, 2010).

1997'de Lai ve ark. radyo frekans dalgalarına maruz kalmanın rat beyin hücrelerinde DNA kırıkları oluşturduğunu bildirilmiştir. 2007'de Rösli ve ark. 1972-2002 yılları arasında demir yolunda çalışan iki grup işçiyi incelemiş ve sonuç olarak düşük frekanslı manyetik alana maruziyet ile Alzheimer hastalığına yakalanma arasında anlamlı bir ilişki olduğunu bildirilmiştir (Kiray, 2010).

2.13.3. Elektromanyetik alanın etkilerinden korunma yolları

* Bilgisayar, mobil telefon, telsiz telefon, mikrodalga fırın gibi teknolojik aletleri uzun süre kullanmamalıyız.

* Yüksek gerilim hatlarına en az 500 m mesafede olan evleri tercih etmeliyiz. Baz istasyonlarının bulunduğu noktaların karşısında veya yanında bulunan evleri tercih etmemeliyiz.

* Bilgisayar kullanırken, X-ışınlarından ve elektromanyetik radyasyondan korunmak için ekrandan en az bir kol boyu uzaklıkta olmalıyız.

* Saç kurutma makinesi gibi aletler çok az kullanılmalarına karşın, yaydıkları elektromanyetik radyasyon oldukça yüksektir. Bu gibi makineleri uzun süre kullanmak yerine belli aralıklarla kullanmalıyız.

* Elektrikle çalışan radyolu çalar saatleri ve cep telefonlarını yattığımız odadan mümkün olduğunca uzak yere koymalıyız.

* Dinlendirici bir uyku için yatak odasında televizyon, bilgisayar ve mobil telefon bulundurmamalıyız. Özellikle yatarken bu cihazları kapatmak faydalı olacaktır.

* Açma-kapama düğmeleri ile tam olarak kapatılan aletler elektromanyetik alan yaymaz, ancak fişleri takılı olduğu müddetçe elektrik alan oluşturmaya devam edebilir. Bu yüzden elektrikli cihazlarımızı açma kapama düğmesi ile kapatmalı veya fişini çekmeliyiz.

* Geleneksel ampullerin alanları düşüktür; ancak şoresan gibi lambalar için aynı şeyi söyleyemeyiz. Şoresan lambalar, elektromanyetik radyasyon yayan aletler listesinde ilk sıralarda yer almaktadır. Halojen ve şoresan gibi ekonomik lambaları kullanmamalıyız.

* Telefonla konuşurken başparmağımızı cep telefonu ile kulağımızın arasına koyarak telefonumuzun kulağımıza yapışmasına mani olmalıyız. Eğer telefonumuz çekmiyor ya da düşük anten seviyesini gösteriyorsa, arama yapmakta ısrarcı olmamalıyız. Çünkü cep telefonu, şebekeyi aramak için çok daha güçlü bir elektromanyetik alan yaymaktadır.

* Anne karnındaki bebeklerde bağışıklık sistemi tam olarak gelişmediğinden vücut gereken korumayı sağlayamaz. Bu yüzden anne adayları hamilelik boyunca uzun süre cep telefonuyla görüşme yapmamalıdır (Levent, 2010).

2.14. Radyo Frekans Alanların Etkileri

Radyo frekans ve mikrodalga radyasyonun insan vücudu üzerine etkileri, geçtiğimiz çeyrek yüzyılda incelenmeye başlanmıştır. Son dönemde araştırmalar, hayat boyu süren düşük seviye veya uzun süreli maruziyetlerden doğabilecek sağlık etkilerini incelemek yönündedir. RF dalgalarının termal ve non-termal (termal olmayan) olmak üzere iki türlü etkisi vardır. Biyolojik yapılarda ısı artışına neden olabilecek seviyede RF uygulaması varsa, bu önce dokuda ısı artışını, sonra da bu ısı artışına bağlı biyolojik değişiklikleri beraberinde getirir. Bu etkilere termal etkiler denir. Sıcaklık artışına bağlı olarak hücreler ölebilir veya mutasyona uğrayabilir. Hücrelerin ölmesine neden olan referans sıcaklık 43 °C'dir. Termal etkiler, cismin elektromanyetik dalga ile etkileşmesinde, artan moleküler hareket ve sürtünmeden kaynaklanan ısı artışından dolayı oluşur. Uygulanan alanın ısı artırıcı etkisi yoksa ve buna bağlı olarak vücudun ısı regülasyon mekanizmasının çalışmasına gerek kalmıyorsa, fakat yine de RF alan biyolojik değişimlere sebep oluyorsa bu etkilere nontermal etkiler denir (Sırav Aral, 2008).

Davranış bozuklukları, lenfositlerin yeteneklerinin azalması, hücre içi enzim aktivitesinin değişimi, sperm hücrelerinde kromozomal değişimler, beyin dokusunda Ca^{+2} akışının ve EEG dalgalarının değişimi vb. etkiler non-termal etkileşim sonrasında gözlenen etkilerdir. Ayrıca kas ve sinir hücrelerinin aktivasyonu ve mikrodalga işitme olayı da non-termal etkileşim ile oluşur. Non-termal mekanizmalar RF foton enerjisinin büyüklüğüne, RF alanlar ile moleküler titreşimin uyarılmasına ve membran potansiyelinde değişimlere bağlıdır (Sırav Aral, 2008).

Radyo frekans radyasyonun sinir sistemi üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar her geçen gün artmaktadır. RF alanlara maruziyetin kan beyin bariyerine etkisinin termal kaynaklı olup olmadığı bilim dünyasında tartışılmaktadır. Yüksek seviyede RF enerjiye maruz kalmanın sinir sistemi yapı ve işlevinde hasara yol açtığı

belirtilmektedir. İzole edilmiş beyin dokusu ile yapılan çalışmalarda termal mekanizmalar dışında farklı nedenler olduğuna dair bulgular saptanmıştır. Yüksek güç yoğunluğunda olan maruziyetlerde, termal etkilerin ters etki yaptığı belirtilmiş, düşük güç yoğunluğunda ise biyolojik etkiler oluşabildiği, fakat bu etkilerin termal etki bazında olmadığı belirtilmiştir. Nörolojik etkileri ise elektroensefaleografi (EEG), kan beyin bariyeri geçirgenliği (Blood Brain Barrier) ve kalsiyum akışı değişimleri olarak sıralanabilir (Sırav Aral, 2008).

2.15. Stereoloji

Stereoloji, üç boyutlu mikroskobik yapıların nicel bilgilerini elde etmek için özel olarak tasarlanmış basit, etkili ve güvenilir yorumlar yapmaya yarayan bilim dalıdır (Gundersen ve ark., 1988). Stereolojik yöntemler histolojik dokulardaki ince yapısal değişikliklerin doğru, kesin kantitatif tahminlerini elde etmek için pratik ve bilimsel olarak geçerli yaklaşımlar sunar. Stereolojik analizlerden elde edilen veriler, tüm organ seviyesindeki gerçek 3 boyutlu doku yapısındaki değişiklikleri ifade eder. Geleneksel iki boyutlu yöntemlerin aksine, tasarıma dayalı stereolojik yöntemler, karmaşık doku yapıları gibi 3 boyutlu geometrik nesnelerin nicel parametrelerini tahmin etmek için istatistiksel örnekleme ilkelerine ve stokastik geometrik teoriye güvenmektedir. Stereoloji, bir organ içerisindeki 3 boyutlu doku yapıları için hacim, yüzey alanı, uzunluk veya nesne sayısı gibi geometrik niceliklerin tahmininde, bir dizi iki boyutlu kesit üzerinde yapılan ölçümlerden etkin araçlar sağlar (Boyce ve ark., 2010).

Bir organdaki toplam hücre sayısının hesaplanacağı bir çalışmada, o organdaki bütün kesitleri ele alıp hücrelerini teker teker saymak genellikle mümkün değildir. Bu yüzden çalışılan yapıdan alınan örneklerin stereolojik yöntemlerle tespit edilmesi çok daha kolaydır. Eskiden oldukça zorlu ve zaman alan bir yöntem olan hücre sayımı, stereolojik yaklaşımlar sayesinde kolay ve etkili bir hal almıştır (Akalan ve Çevik Demirkan, 2013).

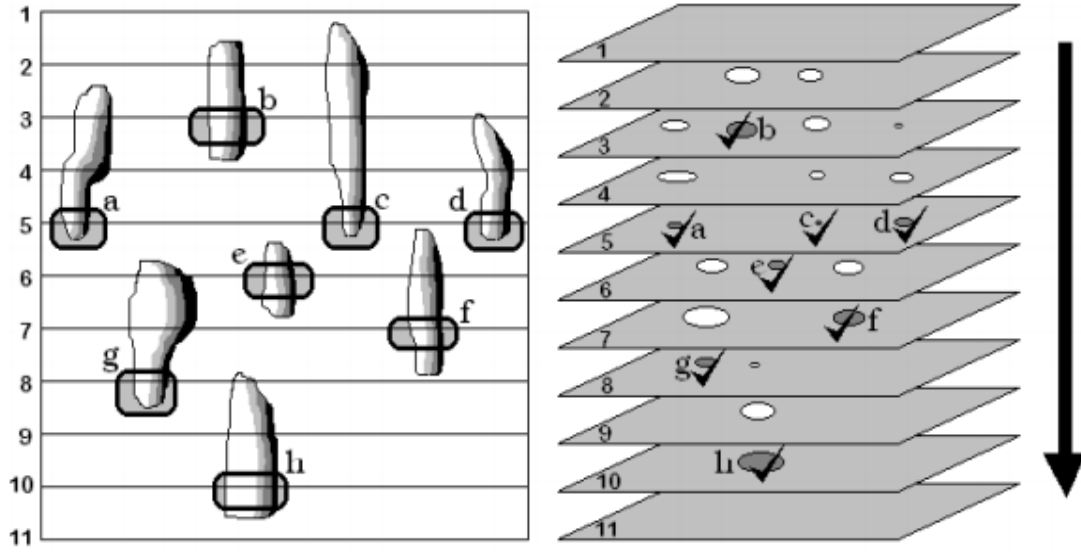
Stereolojik metodların en yaygın kullanımını Sistematik Rastgele Örnekleme (SRÖ) oluşturur (Gundersen, 1999). Mikroskobik analizlerde çalışılacak olan biyolojik dokunun örnekleme sistematik taraflılıktan uzak olmalıdır. Örnekleme yapılacak

nesnenin her parçası eşit oranda örneklenmelidir. SRÖ, rastgele yapılan örnelemeye göre daha gerçek sonuç verir. Burada “sistemik” sözcüğü, çalışılan yapıdan elde edilen kesitlerin veya kesit üzerindeki inceleme alanlarının daha önceden belirlenmiş aralıklarla, yani sistemik aralıklarla örneklenmesini; “rastgele” sözcüğü ise bu sistemik örneklemenin örnekleme aralığı içerisinde rastgele bir sayı ile başlamasını ifade etmektedir (Akalan ve Çevik Demirkan, 2013).

2.15.1. Disektör

Disektör metodu, modern anlamda ilk defa 1984 yılında Sterio tarafından geliştirmiştir. Bu metotla dokuda veda organda bulunan tanecik sayısı çalışma esnasında meydana gelen tüm hata kaynaklarından bağımsız olarak “tarafsız” bir biçimde hesaplanabilmektedir (Sterio, 1984; Ünal ve ark., 2002).

Belirli bir hacimde olan taneciklerin sayısını tarafsız bir şekilde hesaplamak için üç boyutlu örnekleme yöntemi olan disektör yöntemi geliştirilmiştir. Tarafsız sayım çerçevesi, iki boyutlu olan ortamlarda tarafsız örnekleme yaparken, disektör üç boyutlu ortamlarda tarafsız örnekleme yapar. Disektör, bilinen bir “t” aralığı ile birbirlerinden optik veya fiziksel olarak ayrılmış olan iki kesit düzleminden oluşan üç boyutlu bir hacim sondasıdır. Disektörün ana mantığı, taneciklerin kesit alınırken ilk ortaya çıktıkları veya son görüldükleri kısımları, yani taneciklerin “uçlarını” belirlemektir. Bu yöntem fiziksel ve optik disektör olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Fiziksel disektör birbirine paralel, ardışık, aynı kalınlıkta ve aralarındaki mesafenin bilindiği iki kesit üzerindeki tanecik sayımında kullanılmaktadır. Disektör yöntemi için ise iki ayrı kesit gerekir ve bu iki boyutlu kesitlerin düzleminden birisi “örnek”, diğeri “gözlem” kesiti olarak isimlendirilir. Bu ardışık kesitlerin incelenmesinde tanecik olarak nitelendirilen yapı, her iki kesitte görülebileceği gibi kesitlerden birinde görünüp diğeri görünmeyebilir. Disektör yönteminde kural, kesitlerden birinde görülen fakat diğeri görünmeyen tanecik sayıma dâhil edilir ve disektör taneciği olarak isimlendirilir (Akalan ve Çevik Demirkan, 2013).



Şekil 6. Kesit yöneliminin izdüşüm sayısına etkisi (Ünal ve ark., 2002)

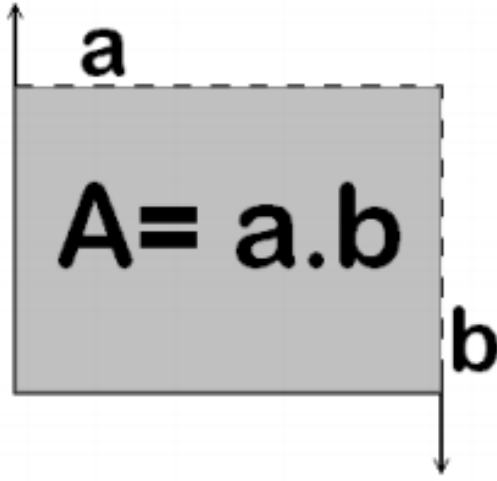
Bir parçikül birden fazla izdüşüm verir. İzdüşüm sayısı ile parçikül sayısı arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Yukarıdaki şekilde, 8 parçikül olmasına rağmen alınan 11 kesitte gözlenen izdüşüm sayısının 21 olduğu görülmektedir. Kesitlerde ortaya çıkan izdüşüm sayısı ile yapılacak bir çalışmada sistematik sayım hatalarının yapılması kaçınılmazdır (Ünal ve ark., 2002).

2.15.2. Tarafsız sayım çerçevesi

Çeşitli sayım çerçevelerinin kullanılmasından kaynaklanan hatalar belirlendikten sonra iki boyutlu düzlemlerde gerçek sayımın nasıl bulunacağını, 1977 yılında Gundersen “tarafsız sayım çerçevesi” olarak adlandırdığı bir sayım çerçevesi modeli geliştirerek tanımlamıştır (Şekil 7) (Ünal ve ark., 2002). Tarafsız sayım çerçevesinin sayım kuralları;

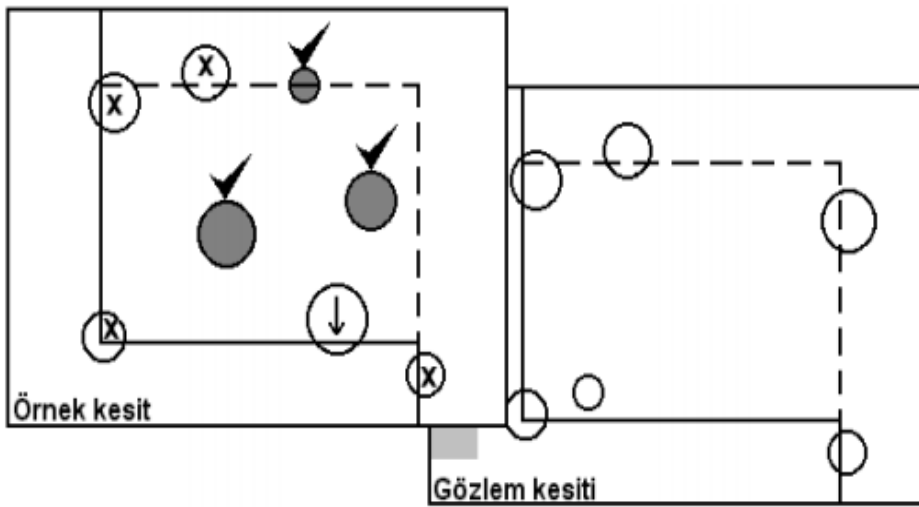
1. İzdüşümleri tamamen sayım çerçevesi dâhilinde kalan, yani herhangi bir kenarı veya köşesi ile kesişmeyen tanecikler sayılır.
2. Çerçevenin “yasak” çizgileri ile belirtilen kenarlar ile kesişen izdüşümler asla sayılmazlar.
3. Serbest çizgi (kesikli çizgiler) üzerindeki tanecik izdüşümleri sayılır.

4. Çerçevenin yasak çizgilerinin (devamlı çizgiler) devamı ile herhangi bir şekilde kesişmiş olan izdüşümler sayıma dahil edilmez (Ünal ve ark., 2002).



Şekil 7. Tarafsız sayım çerçevesi (Ünal ve ark., 2002)

Dokudan alınan ardışık kesitlerin biri gözlem diğeri örnek kesitidir. Örnek kesitte gözlenip diğerinden gözlenmeyen tanecik izdüşümleri sayıma dahil edilir. Örneğin şekil 8’de koyu renkli olanlar sayıma dahil edilirken açık renkli olanları sayıma dahil edilmez. Ok işareti ile gösterilen izdüşüm yasak kenara temas ettiği için sayılamaz. X ile işaretlenmiş olanlar ise tarafsız sayım çerçevesi kuralı gereği sayım dışı kalmıştır (Ünal ve ark., 2002).



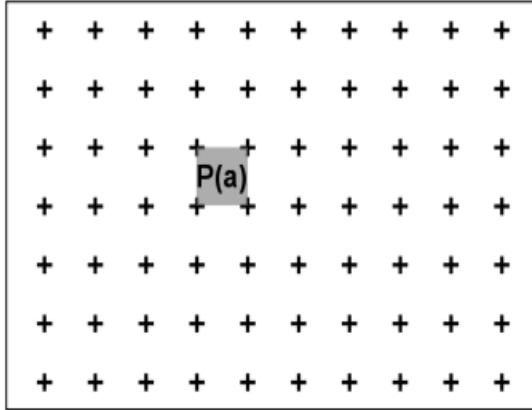
Şekil 8. Ardışık iki düzlem (örnek ve gözlem kesiti) ile oluşturulan üç boyutlu bir hacimde disektör taneciklerinin sayılması (Ünal ve ark., 2002)

2.15.3. Cavalieri prensibi

Cavalieri prensibi olarak bilinen ve ilk kez İtalyan matematikçi Bonaventura Cavalieri tarafından XVII. Yüzyılda ortaya konmuş olan prensip uygulanabilir. Cavalieri prensibi, stereolojik yöntemlerde en sık kullanılan hacim hesaplama yoludur. Cavalieri prensibinin esas fikir babası, devrimsel çalışmalarıyla tanınan ünlü astronom Johannes Kepler'dir. Cavalieri prensibini uygulamak için, hacmi hesaplanmak istenen yapı eşit aralıklı ve birbirine paralel kesilerle başından sonuna kadar dilimlere ayrılır. Daha sonra her bir dilimin aynı yöne bakan yüzeylerinin alanları uygun bir yöntemle hesaplanır. Tüm dilimlerden elde edilen toplam yüzey alanı değeri, dilimlerden kullandığımız ortalama dilim kalınlığı ile çarpılırsa, yapının toplam hacminin tarafsız bir hesaplaması elde edilir (Canan ve ark., 2002).

$$V_{ref} = \sum a_i \cdot \bar{t}$$

Burada V_{ref} çalışılan yapının toplam veya referans hacmini; a_i , i numaralı kesitteki yapı izdüşümünün veya izdüşümlerinin toplam yüzey alanını; t ise ortalama kesit veya dilim kalınlığını belirtir (Canan ve ark., 2002).



Şekil 9. Noktalı alan ölçüm cetveli (Canan ve ark., 2002)

Yukarıdaki cetvelde artı işaretlerinin merkezleri ile simgelenen her bir nokta $P(a)$ ile gösterilen bir birim alanı temsil eder. Dolayısıyla, böyle bir cetvel rastgele olarak bir kesit yüzeyine atılırsa, kesit yüzeyi içerisine isabet eden noktaların sayısı o yüzeyin kaç birim kare olduğunu gösterir (Canan ve ark., 2002).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Gereç

Tez çalışması için gerekli etik izin Yüzüncü Yıl Üniversitesi YUHADYEK tarafından Karar no 2016/04 ve 05/05/2016 tarihli yazı ile alındı. Deney materyali Yüzüncü Yıl Üniversitesi bünyesindeki Deney Hayvanları Ünitesi'nden temin edildi.

Çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı'nın stereoloji laboratuvarında yürütüldü. Ortalama 220 g ağırlığında, üreme döneminde, sağlıklı dokuz dişi ve üç erkek Wistar-Albino cinsi sıçan rastgele kullanıldı. Uygun oda sıcaklığı, nem ve aydınlık/karanlık ortamda normal musluk suyu ve standart fare yemi (Van Yem Sanayi) verildi (Şekil 10). Anaç olarak üç dişi ve bir erkek sıçan çiftleşmeleri için ayrı pleksiglas (polipropilen) kafeslere alındı. Çiftleşmeleri için 48 saat kafeslerde bekletilen erkek sıçanlar daha sonra kafeslerden uzaklaştırıldı. Bir hafta boyunca dişi sıçanların ağırlıkları tartıldı. Ağırlıklarında artış olanlar gebe olarak kabul edildi ve gebe kalan sıçanlar çalışmaya alındı (Tablo 5). Birinci ve ikinci kafeste (Grup A) üçer adet sıçan elektromanyetik radyasyondan tamamen izole edilen kurşun kaplı özel odada her gün 60 dakika olmak üzere Wi-Fi'ye maruz bırakıldı; kontrol grup (Grup B) ise uygulama yapılmadan takip edildi. Doğan yavrulardan altı tanesi kontrol, altı tanesi denek grubu oluşturacak şekilde seçilerek deney materyali olarak kullanıldı.

Çalışmamızda sıçan tercih edilmesinin sebebi Anabilim Dalımızda daha önce çalışılmış olması, ulaşılma kolaylığı ve insan ile anatomik ve fonksiyonel benzerliği gibi sebeplerdir.



Şekil 10. Sıçan gruplarına ait kafesler

3.2. Yöntem

Sıçanlar, gebe kalmalarını takiben gebelik süresince (1 saat/gün), 33x60x20 cm³ ebatlarındaki standart rat kafeslerinin ortasına yerleştirilen (Şekil 11) tp-link marka TD-W8961N model, çok yönlü sabit anten sistemine sahip, 2.45 GHz radyo frekanslı, çalışma gerilimi 9V, çalışma akımı 0.85A, maximum bant genişliği 300Mbps olan bir radyofrekans radyasyona (Wi-Fi modem) (Şekil 12) maruz bırakıldı.

Çalışma boyunca Wi-Fi sisteminden gelen radyo frekans dalgasının frekans verifikasyonu Good Will marka GSP-730 Good Will 150 KHz~3 GHz Spectrum Analyzer cihazı ile yapıldı (Şekil 13). Böylece ortamdaki elektromanyetik dalgaların frekans stabilizasyonu kontrol edildi.



Şekil 11. Wi-Fi uygulama düzeneği



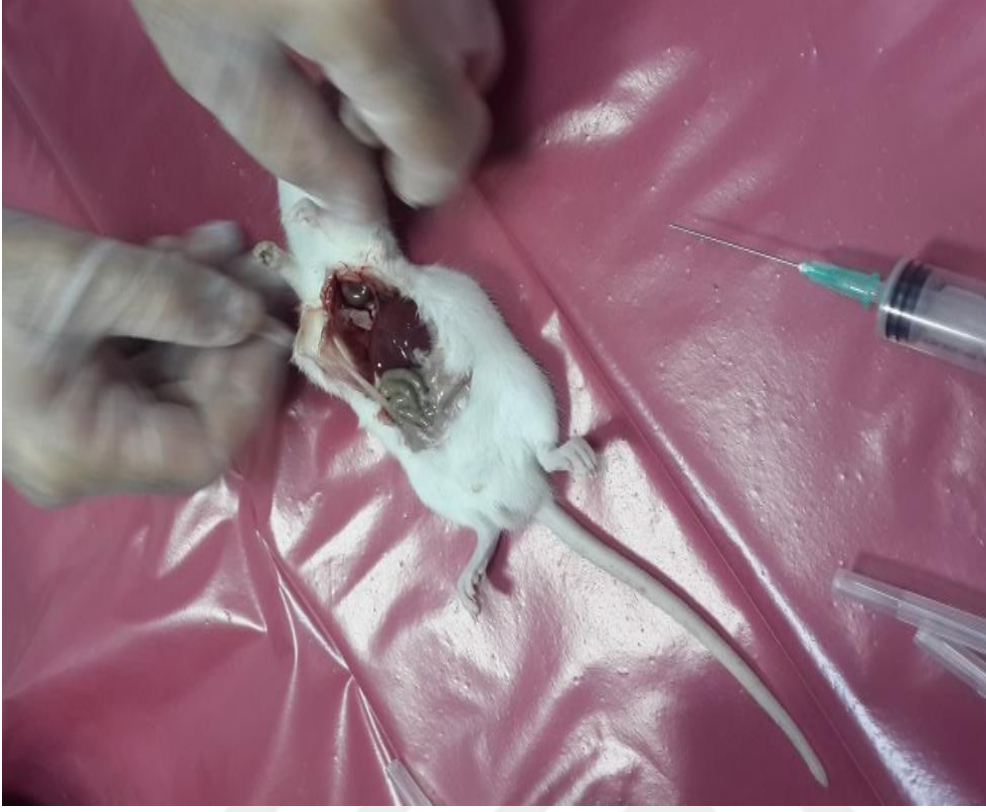
Şekil 12. 300Mbps Kablosuz N ADSL2+ Modem Router



Şekil 13. Spectrum Analyzer cihazı

Doğum sonrası anne sütü ile beslenen yavru sıçanların bir aylık olması beklendi. Postpartum 30. Günde dişi ve erkek yavru sıçanlardan rastgele seçilerek 5 mg/kg ketalar anestezi ile derin anesteziye alınarak transkardiak sol kalpten bir kanül vasıtası ile perfüzyona alındı. Genel anestezi sıçanlara intraperitoneal ketamin enjeksiyonu ile sağlandıktan sonra supin pozisyonda ameliyat masasına sabitlenen sıçanlar sternum mid-sagittal kesi ile ikiye bölündü ve diyafram serbestleştirilerek göğüs kafesleri açıldı (Şekil 14). Üç kanüllü enjektör iğnesi ile sol ventriküle 2-3 mm girildi (Şekil 15). Ardından 0.5 mg heparin verildi ve sağ atriuma 2-3 mm'lik bir kesi atılarak kanın boşaltılması sağlandı. Kan boşalmaya başlayınca serum fizyolojik verildi. 100 ml %0.9'luk NaCl solüsyonu sağ atriumdan dışarı çıkan sıvı berraklaşana dek (5-8 dk içerisinde) verildi. Berraklaşmanın ardından %10'luk nötral tamponlu formaldehit solüsyonu verildi. Fiksasyon sıvısının verilmesi ile kas seğirmelerinin ortaya çıktığı gözlemlendi böylece fiksatifin dokulara ulaştığı tespit edildi ve formaldehit verilmesi durdurularak perfüzyon işlemi tamamlandı (Şekil 16).

Transkardiak perfüzyon sonrası servikal dislokasyon yöntemi kullanılıp sıçanlar dekapite edildiler. Pens yardımıyla kafa kemikleri superiordan ufak boyutlarda nazikçe kırılarak beyinleri görünür hale getirildi. Beyinler beyin sapı hizasından kesilip çıkarıldı ve tartıldı (Tablo 7) (Şekil 17).



Şekil 14. Sıçanda göğüs kafesinin açılması



Şekil 15. Kalbe katater girişi



Şekil 16. Perfüzyon süreci



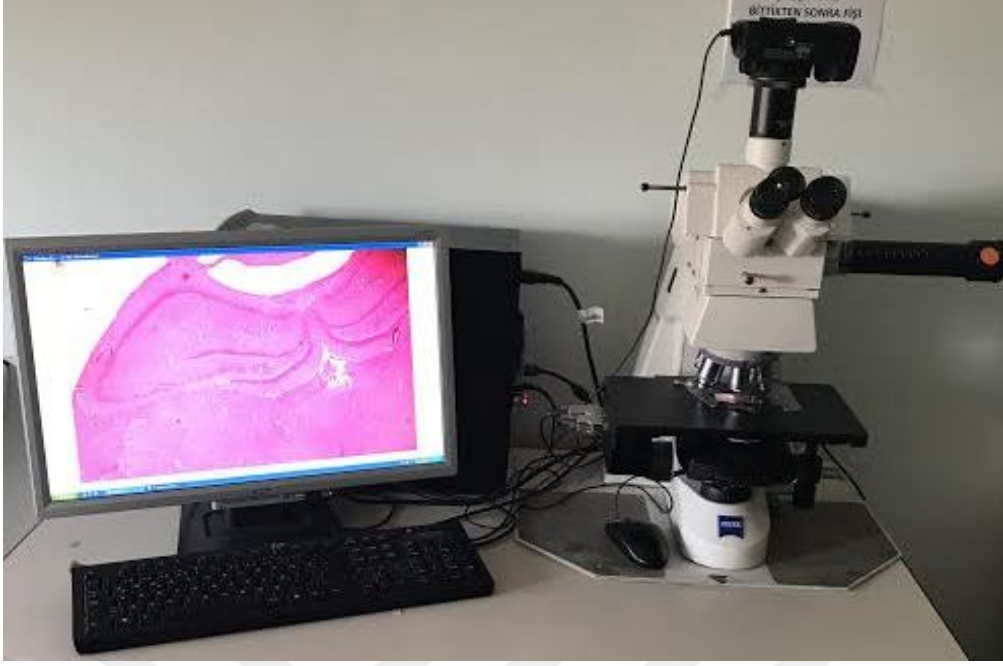
Şekil 17. Bir aylık tüm sıçan beyni (sol) ve kesit alınacak bölüm (sağ)

Deney ve kontrol grubundan elde edilen beyinler en az 72 saat %10 tamponlu formaldehitte bekletildikten sonra histolojik metotlarla rutin tespit, takip ve gömme işlemi için sol hemisferler ayrıldı. Parafin bloklardan 5µm kalınlığında her 45. Kesit çifti bir lam üzerine alındı ve etüve konuldu. Hematoksilen-Eozin (HE) ve cresyl viole ile boyanan kesitlerin üzerine entellan damlatılıp lamel ile kapatılarak kurumaya bırakıldı. Stereolojik olarak disector-Cavalieri kombinasyonu kullanılarak dentat girus granüler hücre sayımı yapıldı. Volüm ölçümü için Shtereom 1.5 paket programı kullanıldı. Sonuçlar istatistik olarak karşılaştırıldı.

Işık Mikroskopik Yöntem

Beyin doku örnekleri ışık mikroskopunda incelenmek üzere ilk olarak % 10'luk formaldehit solüsyonunda tespit edildi. Tespit işleminden sonra doku örnekleri kasetlere konularak akarsu altında yıkandı. Takip işleminde suyun uzaklaştırılması için dokular artan derecelerde alkol serilerinden geçirildikten sonra şeffaflandırma için ksilol serilerinden geçirildi ve ardından erimiş parafine gömüldü. Hazırlanan parafin bloklardan elde edilen 5 µm kalınlığındaki kesitler Hematoksilen- Eozin ve Cresyl Viole ile boyandı. Kesitler ZEISS (Göttingen, GERMANY) marka bilgisayar destekli görüntüleme sisteminde, Axiovision 4.8 programında değerlendirildi ve fotoğraflandı (Şekil 18).

Deney gruplarından alınan kesitler 80°C etüvde yaklaşık 30 dakika bekletildikten sonra, 3x5 dakika ksilole alınarak parafinden arındırılmaları sağlandı. Dokular daha sonra 3x5 dakika azalan alkol serilerinden geçirildi. Akarsuda yıkandıktan sonra, Harris Hematoksilen'de 1-3 dakika boyandı ve lamlar akarsuda yıkandı. Üç kez amonyak solüsyonuna daldırıldı ve bulanıklık gidinceye kadar yıkandı. Lamlar 2-5 dakika Eozin'de bekletilip yine akarsuda yıkandıktan sonra beşer dakika alkol ve ksilolden geçirilerek entellan damlatılarak kapatıldı.



Şekil 18. Sayım yapılan ışık mikroskobu

Hematoksilen-Eozin Boya Solüsyonunun Hazırlanması

1- Harris Hematoksilen Solüsyonu

Hematoksilen 1 g

Etil alkol 10 ml

Potasyum alum (alüminyum potasyum/amonyum sülfat) 20 g

Distile su 200 ml

Merküri oksit 0.5 g

Glasiyal asetik asit 8 ml

2- Eozin Solüsyonu

Eozin Yellowish 2 g

Distile su 150 ml

Etil alkol 350 ml

Glasiyal asetik asit 15 ml (Bancroft ve Stevens, 1996).

Cresyl Viole Boya Solüsyonunun Hazırlanması

A- Stok boya solüsyonu:

Cresyl violet asetat	0.2 g
Distile su	150 ml

B- 0.1 M (pH 3.5) asetat tamponu:

Asidik solüsyon	94 ml
Bazik solüsyon	6 ml

Asidik solüsyon:

Glial asetik asit (%98-100)	6 ml
Distile su	1000 ml

Bazik solüsyon:

Na-asetat ($\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	13.6 g
Distile su	1000 ml

C- Boya solüsyonu

Stok boya solüsyonu	6-12 ml
Asetat tamponu	100 ml

Parafin kesitler için uygulanan tamponlanmış protokol

- 1- Ksilolde deparafinizasyon yapılır,
- 2- Dereceli alkollerde suya indirilir,
- 3- Distile suda yıkanır,
- 4- © solüsyonda 20 dk. boyanır,
- 5- Hızla %70 ve %95 alkolde yıkanır,
- 6- n-butil alkolde 2x4 dk. tutulur,
- 7- Ksilolde şeffaflştırılır,
- 8- Entellan ile kapatılır (Demir, 2001).

CE (Birey varyansı = Nispi varyans)'nin hesaplanması

Kullandığımız guruplarda gözlemlediğimiz nispi varyansa yaptığımız örnekleme katkısının ne düzeyde olduğunu göstermek için Gundersen ve Jensen tarafından 1987'de geliştirilen ve 1999'da yeniden düzenlenen ikinci dereceden yaklaşım formülü kullanıldı (Gundersen ve Jensen, 1987). Bu formül ile her bireyde SRÖ ile alınan kesitlerden yola çıkılarak örnekleme etkinliği değerlendirildi. Herhangi bir çalışmada bir birey için yapılan işlemlerin aynısı gruptaki her bir birey bulguları için ayrıca yapıp ortalama CE (Hata katsayısı) bulundu (Tablo 2 ve 4). CE'nin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanıldı (Howard ve Reed, 1998).

$$CE(P_{top}) = (\sqrt{\Sigma Q + 3 \cdot (A - \Sigma Q) - 4B + C}) / 240$$

Tablo 2. Bir numunede hata katsayısı (CE) hesaplanması

HAYVAN NO: KONTROL 6				
Kesit	Q	Qi.Qi	Qi.Qi+1	Qi.Qi+2
1	25	625	950	250
2	38	1444	380	532
3	10	100	140	180
4	14	196	252	98
5	18	324	126	270
6	7	49	105	0
7	15	225	0	0
NOISE:	127			
VAR(srs):	8.441666667			
Toplam Var:	135.4416667			
CE:	0.091637329			
% NOISE:	93.7673045			

CV (Grup varyansı)'nin hesaplanması

CV (Grup Varyansı)'yi aşağıdaki formüle göre hesapladık:

$$CV^2 = ECV^2 + CE^2$$

Örnekleme sırasında her seviyede yapılan hesaplamaların varyansı en üst seviyede gözlenen varyansın değerini etkiler. Yani en üst seviyedeki varyans (CV^2) daha alt seviyelerden kaynaklanan bütün varyansların ortak bir sonucudur. Örnekleme etkin bir biçime getirmek için, daha çok toplam varyansa en fazla katkıda bulunan seviye üzerinde durulmalıdır. Yaptığımız çalışmalar, grupta gözlenen nispi varyansı en fazla etkileyen faktörün farklı bireyler arasındaki varyasyon (biyolojik varyasyon, ECV^2) olduğunu gösterdi. Buna göre, çalışmamızdaki örnekleme şöyledir. Grupta gözlenen nispi varyans $CE^2 > ECV^2$ durumunda CV^2 'yi düşürmek için her bir bireyde hesaplanan CE 'yi düşürerek yani bireylerde yapılan örneklemin artırılması gerekmektedir (Tablo 4) (Howard ve Reed, 1998).

İstatistiksel analiz

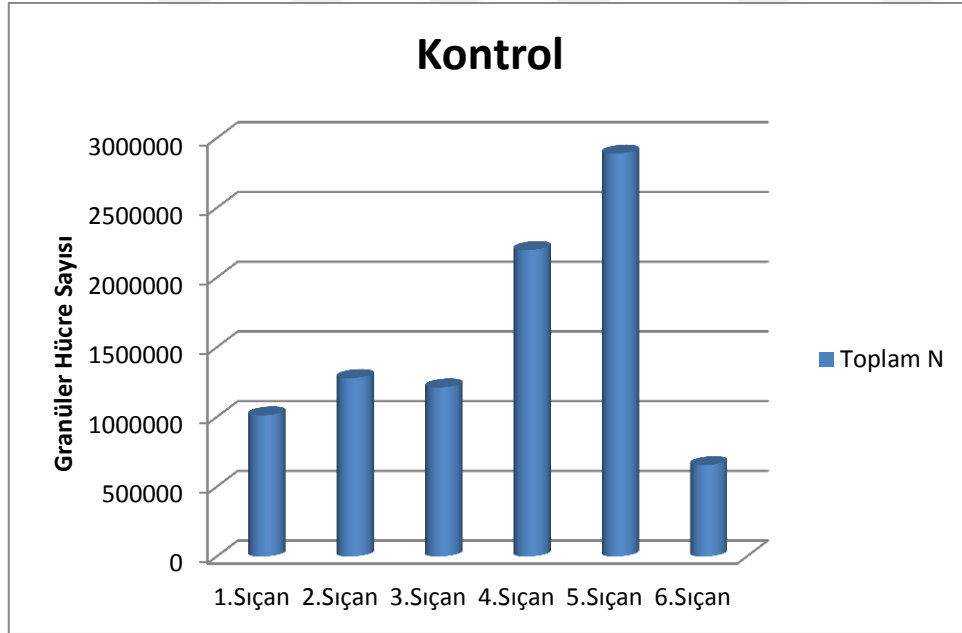
Veriler non-parametrik olarak Man Whitney–U testi ile karşılaştırıldı (Tablo 3) ($p > 0.05$). Üzerinde durulan özellikler için tanımlayıcı istatistikler; Medyan, Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum değer olarak ifade edildi. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alınarak ve hesaplamalar için SPSS istatistik paket programı kullanıldı.

4. BULGULAR

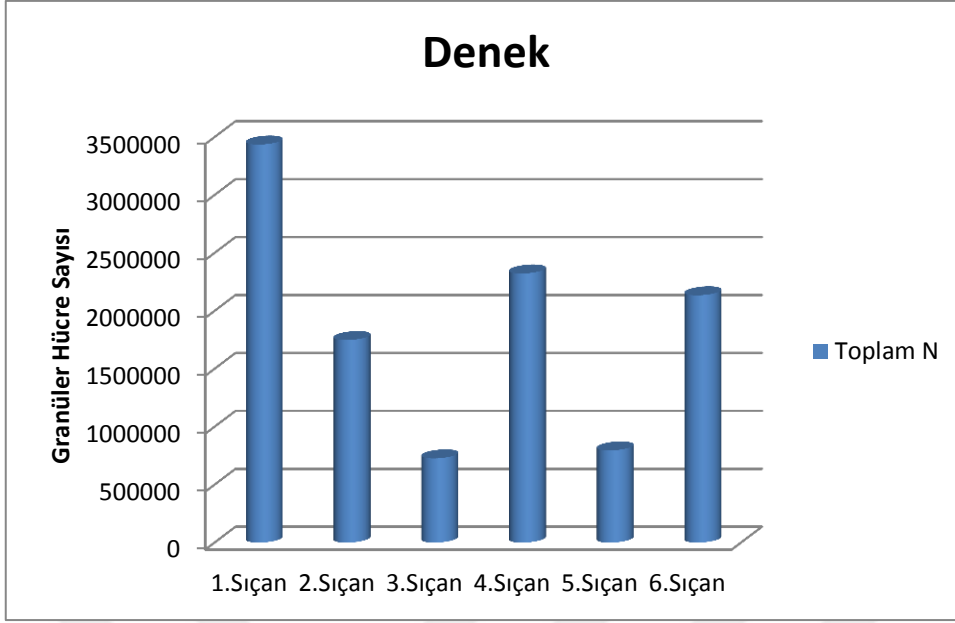
Çalışmada gebelik süresince Wi-Fi'ye maruz bırakılan ve kontrol grubu sıçanların bir aylık yavrularının dentat girus granüler hücreleri sayıldı (Şekil 19-20). Denek ve kontrol arasındaki toplam granüler hücre sayısı farkı anlamlı değildi. Bu yüzden, verilerin dağılımı için “One-sample Kolmogorov-Smirnov” testine gerek kalmadı. Veriler non-parametrik olarak Man Whitney–U testi ile karşılaştırıldı. İki grup N değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktu ($p>0.05$) (Tablo 3).

Tablo 3. Granüler nöron sayısı ile ilgili tanımlayıcı istatistikler

	N	Medyan	Ort.	St. Sapma	Min.	Max.	P
Kontrol	6	1246173	1541285,17	835819,357	654868	2890018	0.566
Denek	6	1941799	1861036,67	1019873,304	727315	3435868	
Total	12		1701160,92	904554,176	654868	3435868	

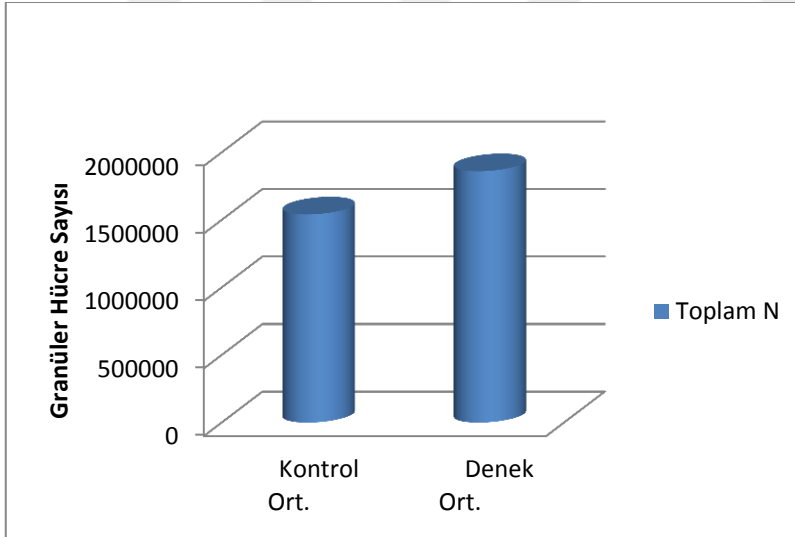


Şekil 19. Kontrol grubundaki sıçanların dentat girus granüler hücre sayıları



Şekil 20. Denek grubundaki sıçanların dentat girus granüler hücre sayıları

Toplam dentat girus granüler hücre sayısı ortalama; kontrol grubunda 1 541 285, denek grubunda 1 861 036 olarak hesaplandı (Şekil 21).



Şekil 21. Postnatal bir aylık sıçanların dentat girus ortalama granüler hücre sayısı karşılaştırılması

Tablo 4. Kontrol ve deneklerde granüler hücre sayıları, CE ve CV değerleri

Kontrol	N	N-CE	Denek	N	N-CE
1-Kontrol	1.012.140	0.08	1-Denek	3.435.868	0.05
2- Kontrol	1.279.756	0.07	2- Denek	1.748.736	0.06
3- Kontrol	1.212.589	0.07	3- Denek	727.315	0.07
4- Kontrol	2.198.340	0.07	4- Denek	2.323.301	0.06
5- Kontrol	2.890.018	0.07	5- Denek	796.138	0.07
6- Kontrol	654.868	0.09	6- Denek	2.134.862	0.05
Ortalama	1.541.285	0.07	Ortalama	1.861.036	0.06

CV_{Kontrol grubu}	0.49
CV_{Denek grubu}	0.5

Disektör Cavalieri kombinasyonu ile granüler hücre sayısının hesaplanması

x4'lükte hacim

Büyütme $100 \mu\text{m} = 1.2 \text{ cm}$ gerçek

$$1.2 \text{ cm} = 12 \text{ mm} = 12000 \mu\text{m sanal}$$

$$12000/100 = 120$$

Gritteki noktalar arası mesafe $0.9 \text{ cm} = 9000 \mu\text{m}$

$$9000/120 = 75 \mu\text{m}$$

Her noktanın granüler hücrede temsil ettiği alan $75 \mu\text{m} \times 75 \mu\text{m} = 5625 \mu\text{m}^2$

$$a / p = 5625 \mu\text{m}^2$$

x63'lükte sayım

Büyütme $10 \mu\text{m} = 1.6 \text{ cm}$ gerçek

$$1.6 \text{ cm} = 16 \text{ mm} = 16000 \mu\text{m sanal}$$

$$16000/10 = 1600$$

Sayım çerçevesinin temsil ettiği alan ($a_{\text{çerçeve}} = 62500 \text{ mm} / 1600 = 39.06 \mu\text{m}$)

$$a_{\text{çerçeve}} = 39.06 \mu\text{m} \times 39.06 \mu\text{m} = 1.525,68 \mu\text{m}^2$$

$$\frac{a / p}{a_{\text{çerçeve}}} = \frac{5625 \mu\text{m}^2}{1.525,68 \mu\text{m}^2} = 3.68 \mu\text{m}^2$$

$$a_{\text{çerçeve}} = 1.525,68 \mu\text{m}^2$$

Granüler hücre sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplandı.

$$N = \sum p \times \bar{Q}^- \times k \times \frac{(a/p)}{a(\text{çerçeve})}$$

N = Toplam tanecik sayısı

$\sum p$ = Toplam nokta sayısı

\bar{Q}^- = Disektör taneciklerinin ortalama sayısı

k = Kesit kalınlığı

a / p = İki nokta arasındaki alan

$a_{\text{çerçeve}}$ = Çerçeve alanı

Kontrol 6 nolu sıçanın toplam tanecik sayısı;

$$N = 218 \times 18.14 \times 45 \times 3.68$$

$$= 654.868,512$$

Tablo 5. Kontrol ve denek grubundaki dişi sıçanların ağırlık skalaları (g)

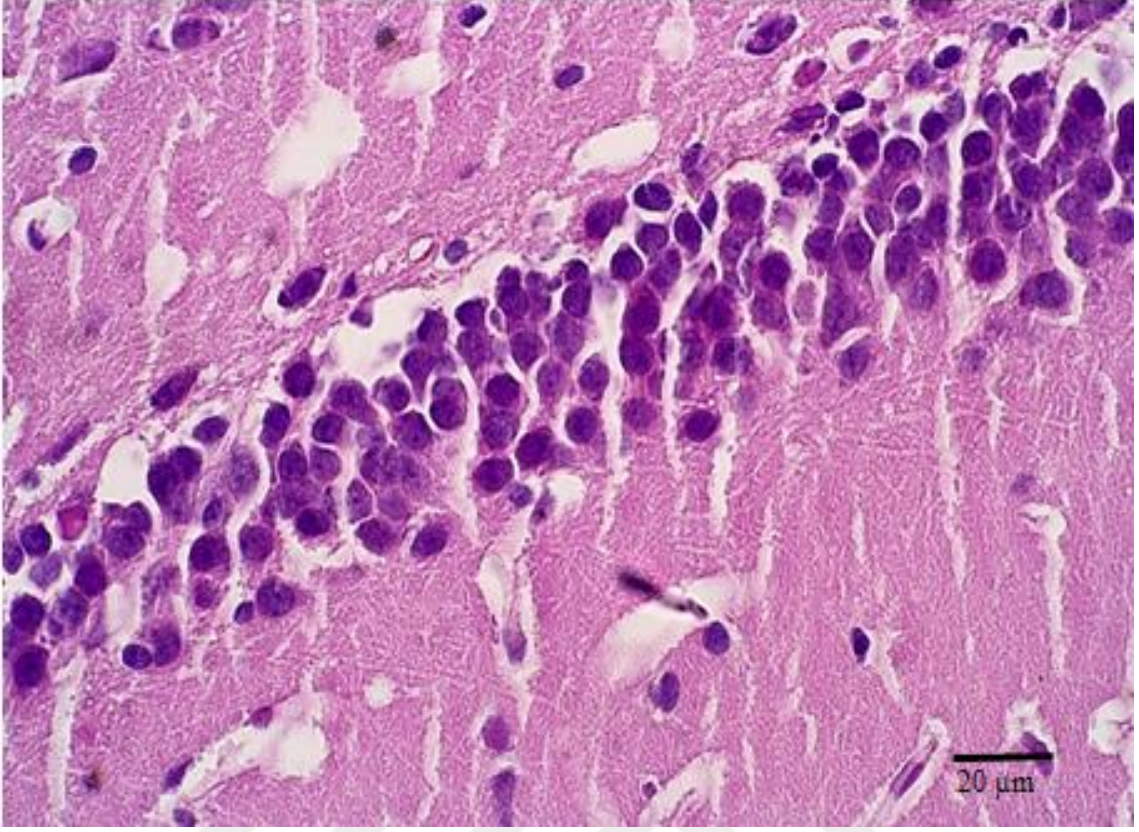
Tarih	Birinci Kafes (Grup A)	İkinci Kafes (Grup A)	Üçüncü Kafes (Grup B)
30.06.2016	286	324	310
	288	320	304
	260	280	296
01.07.2016	290	324	308
	290	320	306
	264	280	300
02.07.2017	284	338	318
	294	336	314
	264	290	310
03.07.2017	284	338	318
	294	336	315
	264	290	210
04.07.2017	287	339	320
	305	335	312
	264	290	321
06.07.2017	290	348	324
	312	316	316
	262	300	324
07.07.2017	292	346	316
	310	324	306
	276	286	308
10.07.2017	298	344	314
	314	320	316
	276	290	318
11.07.2017	294	352	314
	316	324	320
	276	284	318
13.07.2017	298	362	322
	326	320	310
	282	286	322
15.07.2017	294	390	328
	344	328	320
	306	292	340

Tablo 6. Doğan yavru sıçanların ağırlık skalaları (g)

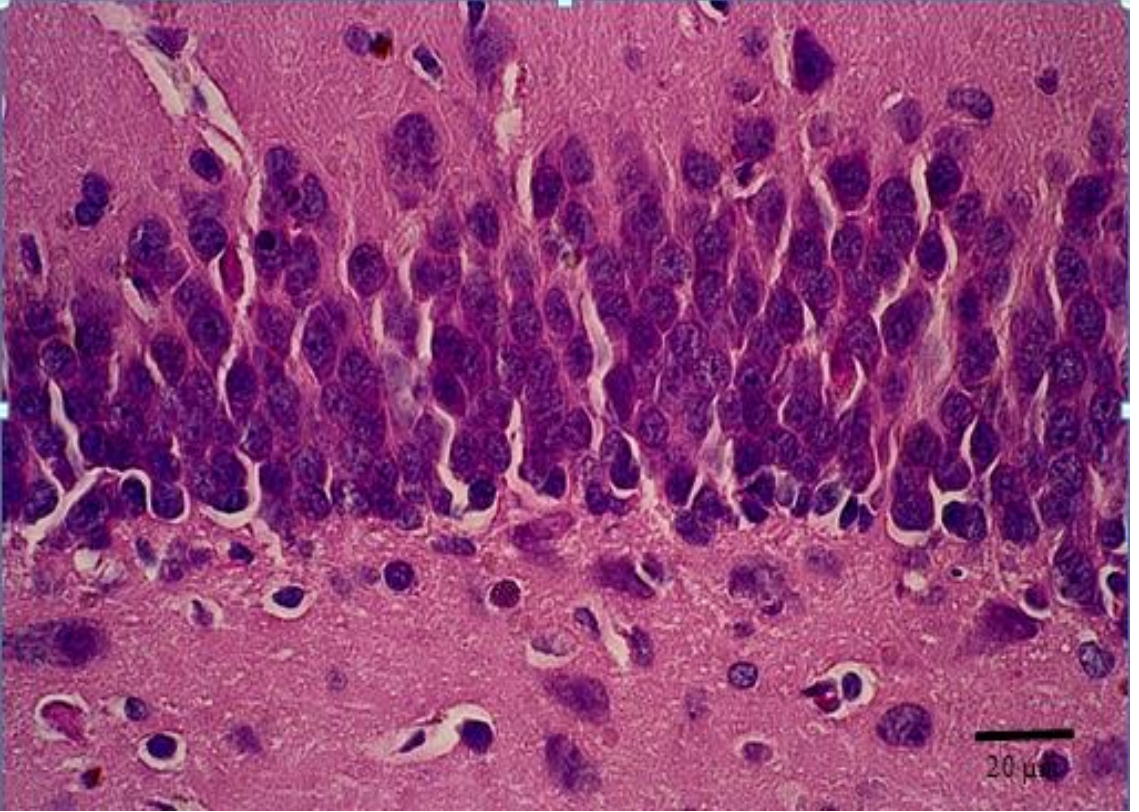
Kontrol	Denek	
88	56	56
78	52	56
82	68	58
44	76	54
38	70	56
60	62	68
64	58	72
62	60	62
22	62	68
	60	74

Tablo 7. Kontrol ve deney grubu hayvanların beyin ağırlıkları (g)

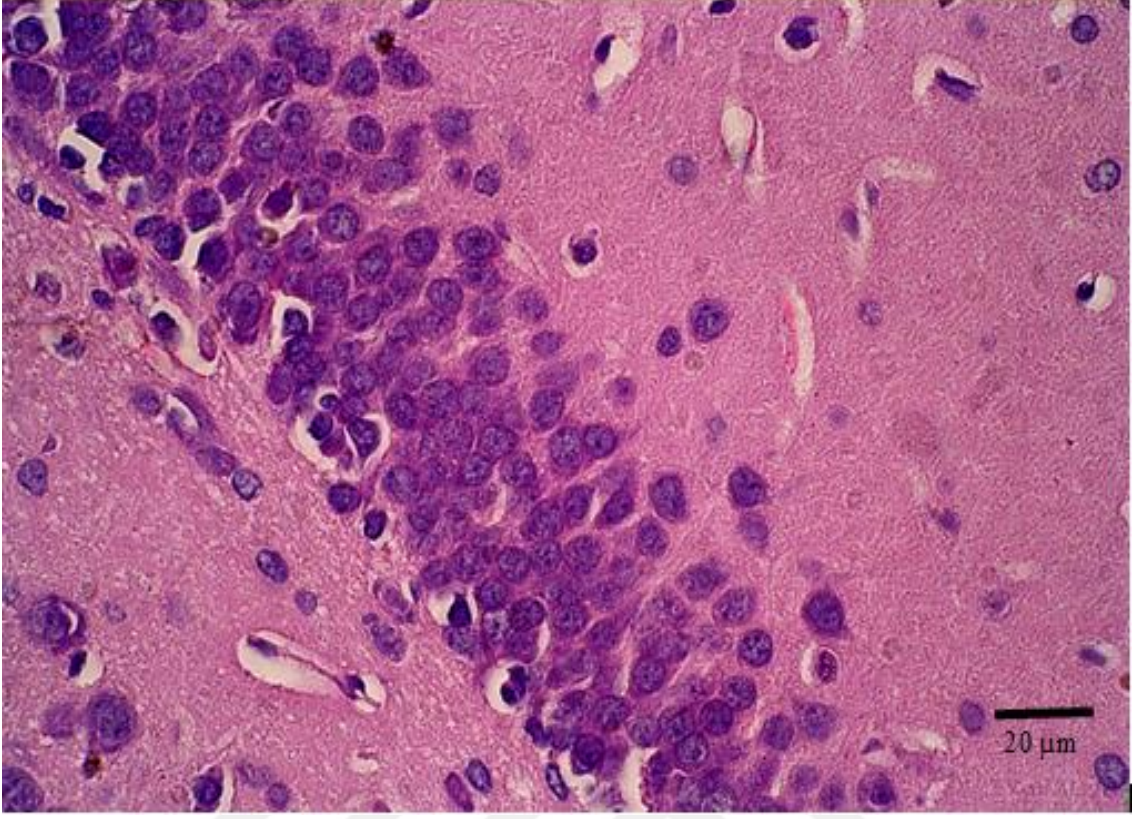
Kontrol	Denek
1.20	1.18
0.99	0.94
1.02	1.33
0.99	
1.20	



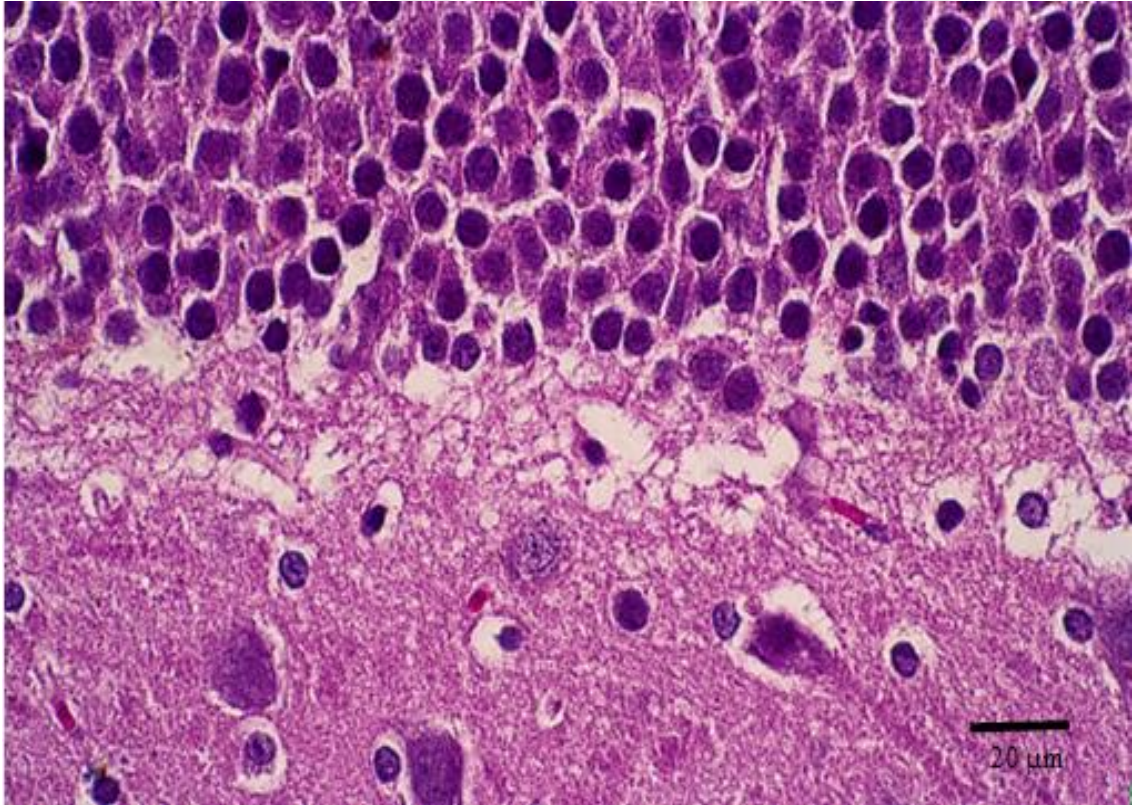
Şekil 22. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)



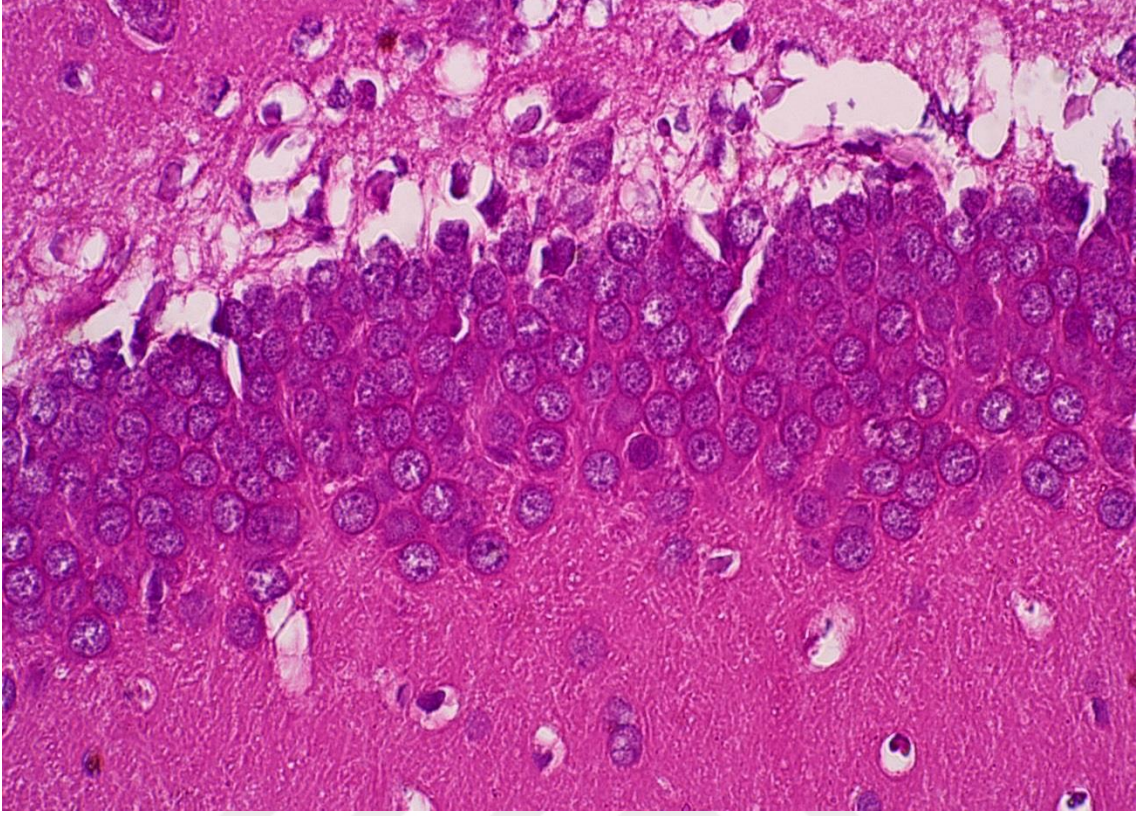
Şekil 23. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)



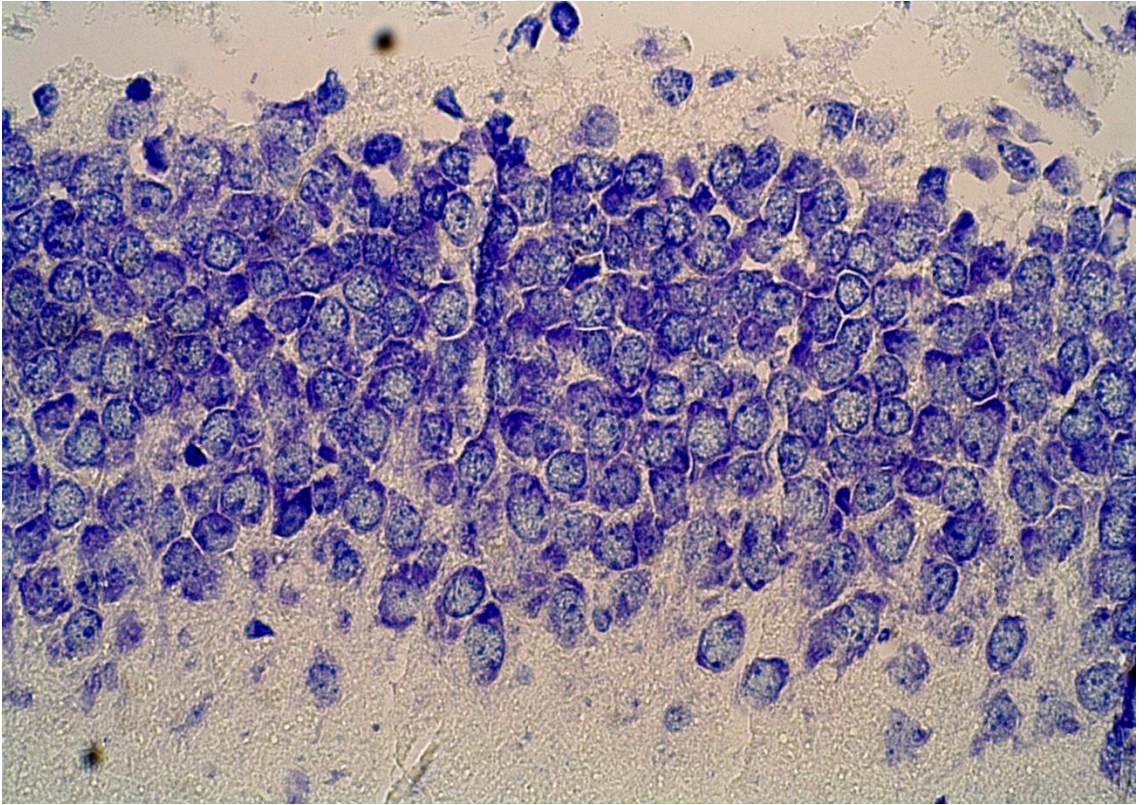
Şekil 24. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)



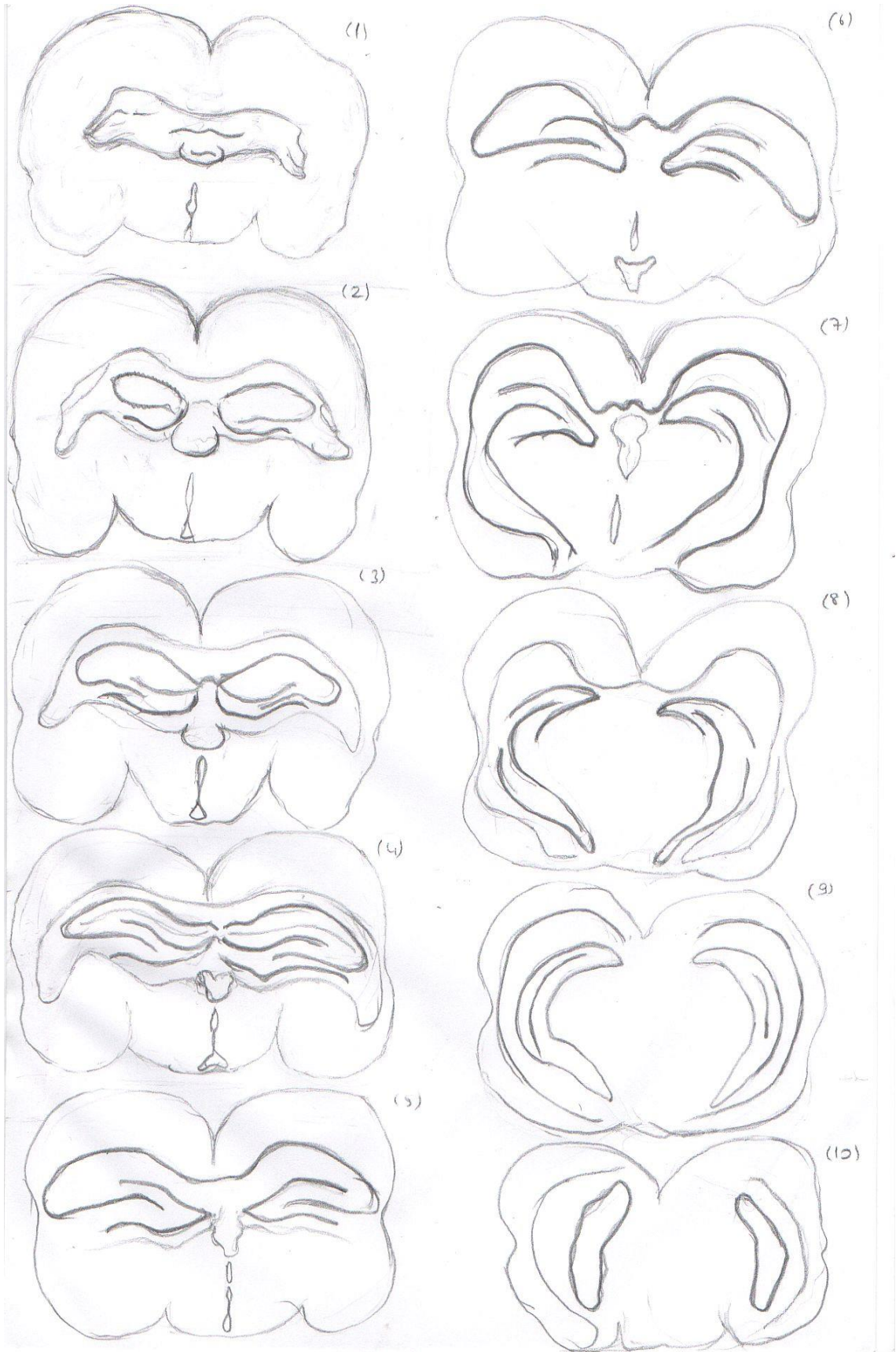
Şekil 25. Dentat girus granüler hücreleri (Denek) (HE) (x63)



Şekil 26. Dentat girus granüler hücreleri (Kontrol) (HE) (x63)



Şekil 27. Dentat girus granüler hücreleri (Kontrol) (Cresyl Viole) (x63)



Şekil 28. Girus dentatus granüler hücrelerinin kesitlere göre şematik pozisyonu

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kablosuz internet, okullarda, hastanelerde, kütüphanelerde, kafeteryalarda ve evlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu radyasyon aralığının insan sistemi üzerine etkilerini bildiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Tok ve Ercan, 2013). Bununla birlikte, kablosuz internetin yol açtığı EMF' nin ftal gelişim üzerindeki etkilerini araştıran detaylı bir çalışma yoktur. Bu çalışma, gebe sıçanlarda kablosuz internet kullanımı ile ilişkili elektromanyetik alana maruz kalmanın prenatal etkilerini stereolojik metotla araştırmak için yapılmıştır. Çalışmamızda, gebelik süresince Wi-Fi' ye maruz bırakılan sıçanların postnatal yavrularının beyin hipokampusundaki girus dentatus granüler hücreleri stereolojik metotla hesaplandı.

Limbik sistem, bellek ve duygu durumun düzenlenmesinde yer alan birbirleriyle bağlantılı bir grup nükleustan oluşan beynin aksiyon sistemidir. Bu nöron sistemi, dlleri değerlendirir ve motivasyonda önemli bir yeri vardır. Limbik sistem, beyin sapının otonomik fonksiyonlarında, bilinçli-bilinçsiz davranışların birleştirilmesinde, bilgilerin hafızaya alınıp çağrılmasının kolaylaştırılmasında ve biyolojik ritimde rol alır. Limbik sistemin en önemli parçalarından biri olan hipokampus, hatıraların düzenlenmesinde ve anımsanmasında görev alır (Aktümsek, 2001; Solomon, 2008). Hipokampus, daha çok uzun süreli bellekle ilgili görülmekte ve kısa süreli belleğin uzun süreli hale dnuşmesinden sorumlu tutulmaktadır (Albayrak, 2006). Kortikal merkezden gelen birçok uyarı, entorhinal korteks yoluyla; ince, taraksı bir kortikal şerit olan dentat girusa oradan da hipokampusa iletilir. Böylece dentat girus, hipokampusa bilgi aktarımı için istasyon vazifesi görmüş olur (Waxman, 2002).

Düşük şiddette elektromanyetik alana uzun bir müddet maruziyetin kanser oluşumu, biyomolekül sentezi ve hücrenin bölünmesi üzerine etkileri olduğu belirtilmiştir. Fizyolojik ve biyokimyasal olarak hücrede ve dokuda; hormonun etkilendiği, karbonhidrat, nükleik asit ve protein metabolizmasının farklılaştığı, hücresel solunumun azaldığı, yapısal değişiklikler gözlendiği, doku ve hücrelerin hormonal cevabının değiştiği, farklı antijenlere karşı immun cevabın etkilendiği gözlenmiştir (Seyhan, 2010).

Radyoaktif dalgalar gerek hücresel gerekse moleküler düzeyde hücre zarı ve organellerine zarar vererek beyin yapısı ve fizyolojisi üzerine olumsuz etkilerde bulunabilirler. Daniels ve ark. (2009), elektromanyetik rezonans dalgalarına maruz kalan sıçan beyinlerinde lokomotor aktivitede azalma, bazal kortikosteron seviyelerinde artma, nöronal hasar ile anormal beyin işleyişi ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Wilen ve ark. (2006) elektromanyetik dalgalara maruz kalma ile sempatik aktivitenin arttığını göstermişlerdir. Schirmacher ve ark. (2000), 1.86 GHz düzeyindeki elektromanyetik alana maruz bırakılan sıçan astrositleri ve domuz beynindeki kapiller endotel hücrelerin incelenmesinde; kan beyin bariyeri geçirgenliğindeki artışın elektromanyetik alana maruz bırakılan hücrelerde, kontrol grubuna oranla anlamlı derecede yüksek bulunduğunu tespit etmişlerdir (Kuloğlu&Korkmaz 2011). Çalışmamız ise moleküler düzeyde olmadığından belirtilen bulgulardan bahsedilememektedir.

Odacı ve ark. (2008) elektromanyetik alanların embriyonik gelişim sırasında nöral kök hücrelerin oluşumunu ve farklılaşmasını inhibe ettiğini belirterek elektromanyetik alana (900 MHz) maruz bırakılan prenatal sıçanların girus dentatus granül hücrelerinin sayısında istatistik açıdan bir azalma ($p<0.01$) olduğunu göstermişlerdir. Sönmez ve ark. (2010), 900 MHz dalga frekansında elektromanyetik alana maruz bırakılan dişi sıçanların beyinciklerindeki purkinje hücrelerinin sayısında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bunun sebebi anten ile denekler arasındaki mesafenin 1cm gibi az olmasından ve deneklerin dar bir bölgede sabit tutulmasının stresinden kaynaklanmış olabilir.

Schmitz ve ark. (2002), dişi sıçan hipokampusunda doğum öncesi strese bağlı olarak hippokampal granüler hücre sayısında azalma olduğunu gözlemişlerdir. Alchalabi ve ark. (2016), gebelik sırasında EMF'ye uzun süreli maruz kalınmanın kronik strese yol açtığını, prenatal ve postnatal gelişme üzerinde olumsuz etkilere neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda uzun bir süre maruziyet olmadığından bu muhtemel etkiler görülmemiştir. Ayrıca deney düzeneğimizde hayvanlar serbest olduğundan stres faktörü etkili değildir.

Sangun ve ark. (2015), özellikle prenatal dönemde 2450 MHz düzeyindeki elektromanyetik alana maruz kalan dişi sıçanlarda postnatal büyüme kısıtlaması ve ergenlik gecikmesi gözlemlenmiştir. Ayrıca beyin ve ovaryum dokularında total oksidan durum ve oksidatif stres indeksi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Tök ve ark. (2014), Wi-Fi'ye (2.45 GHz; 60 dakika/gün) maruz bırakılan sıçanlarda lens dokusunda lipid peroksidasyonu ve GSH-Px ve TSH değerlerinin düzenlenmesinde melatoninin yararlı etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise sadece hipokampusun girus dentatus granül hücre sayısı hesaplandığından biyokimyasal sonuçlarla karşılaştırılma yapılamadı.

Bahsi geçen etkilerin yanı sıra elektromanyetik alanın biyolojik sistemler ve dokulara herhangi bir zararlı etkisi olmadığını bildiren yayınlar da bulunmaktadır (Chung ve ark., 2005). Takahashi ve ark. (2010), gebelik ve emzirme döneminde 2.14 GHz elektromanyetik alana günde 20 saat tüm vücut maruziyetin hamilelik veya sıçanların gelişimi üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığını bildirmişlerdir. Ohtani ve ark. (2015), gelişmekte olan sıçanlarda uzun süreli radyo frekanslı elektromanyetik alanlara maruziyetin T hücreleri sayısında ve aktivasyonunda hiçbir yan etkisi olmadığını gözlemlenmiştir. Bektaş (2006), gebelik süresince cep telefonuna (890–915 MHz) maruz bırakılan farelerin postnatal yavrularında beyincik granüler hücre sayısında herhangi bir değişim olmadığını gözlemlenmiştir. Sambucci ve ark. (2010), gebelikte Wi-Fi sinyallerine maruz bırakılan farelerin prenatal etkilerine baktığında B hücre farklılaşması üzerine herhangi bir etki gözlemlemişlerdir. Rağbetli ve ark. (2009) ise prenatal dönemde cep telefonuna (890–915 MHz) maruz bırakılan farelerde hipokampal piramidal hücre sayısında bir değişiklik olmadığını gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçlarımızla bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ancak bizim çalışmamızda farklı olarak prenatal etkisine bakılmıştır.

İnsanda granüler hücreler embriyonal dönemin altıncı haftasında gelişmeye başlar (Moore ve ark., 2013). Sıçanlarda ise primer kritik dönem hamileliğin son haftasından doğum sonrası yaklaşık onuncu güne kadar devam eder (Hines, 2006). Çalışmamızda bunu esas alarak elektromanyetik alan uygulanması bu döneme rastlamıştır. Prenatal dönemde uygulama gerçekleşmiştir ve sıçanların bir aylık olması beklenmiştir. Bu nedenle çalışmada uygulama zamanı açısından bir kayıp ya da hata

söz konusu olmamıştır. Bulduğumuz sonuca göre hipokampus girus dentatus granüler hücre sayısında istatistiksel açıdan kabul edilebilir bir fark gözlenmemiştir.

Sonuç ve öneriler:

- 1- Prenatal dönemde Wi-Fi'nin granüler hücre sayısını arttırdığını ancak bunun istatistiksel açıdan anlamlı olmadığını gözlemlendi. Dolayısıyla kablosuz modemın negatif etki görülmemiştir.
- 2- Wi-Fi'nin deneklere olan uzaklık mesafesi 33 cm çapında olup bu mesafeye bağlı olarak anlamlı bir etki gözlenmemiştir. Wi-Fi çalışmaları için bu mesafenin ≤ 10 cm çapında bir uzaklıkta olmasını önermekteyiz.
- 3- Wi-Fi'nin hipokampus üzerinde herhangi bir histopatolojik etkisi gözlenmemiştir.
- 4- Çok yönlü anten sisteme sahip, tp-link marka, TD-W8961N model, 2.45 GHz radyo frekanslı, çalışma gerilimi 9V, çalışma akımı 0.85A, maximum bant genişliği 300Mbps olan ve değerleri uluslararası standartlara uygun bir Wi-Fi cihazı kullanıldı. Standartlara uygun Wi-Fi sistemi kullanıldığından herhangi bir negatif etki olmaması muhtemeldir.
- 5- Çalışmanın genetik, biyokimyasal ve fizyolojik olarak ileri çalışmalarla desteklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.
- 6- Wi-Fi'nin stereolojik ve istatistik açıdan hipokampus girus dentatus granüler hücrelerine sayısal bir etkisi olmamasının sebebi Wi-Fi'den gelen radyo frekans radyasyonunun direkt olarak iyonizasyona yol açamamasından kaynaklanmış olabilir. Yani kullanmış olduğumuz radyo frekans dalgaları non iyonizandır.

ÖZET

Özalper B, Prenatal dönemde kablosuz internete maruz bırakılan sıçanların hipokampal dentat girus granüler hücre sayısına etkilerinin stereolojik yöntemlerle incelenmesi, Y.Y.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Van, 2017. Endüstrileşme ve teknolojinin gelişimiyle birlikte yoğun bir şekilde non-iyonize radyasyon kaynaklarına maruz kalınmaktadır. Bunun insan dokularına etkileri tartışılmaktadır. Çalışmada bazı üçüncü nesil cep telefonlarında mevcut olan ve internete bağlantı imkânı sağlayan Wi-Fi' nin prenatal dönemde sıçan beyin hipokampusundaki dentat girus granüler hücre sayısına etkileri stereolojik olarak araştırıldı. Çalışmada çiftleştirilen albino sıçanlar gebelikleri boyunca Wi-Fi' ye maruz bırakıldı. Doğumundan bir ay sonra her gruptan 6, toplamda 12 adet sıçan perfüzyon ve anestezi altında sakrifiye edildi. Kafatasları açılarak beyinleri çıkarıldı ve granüler hücrelerin sayımı için histolojik rutin takibe alındı. Stereolojik kesitler 5 µm kalınlığında her 45. kesit çifti alınarak HE ve cresyl viole ile boyandı. Stereolojinin Disektör-Cavalieri kombinasyonu metodu ile granüler hücreler sayıldı. Sayım sonuçlarını değerlendirmek için Man-Whitney-U istatistik metodu kullanıldı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0.05$). Bulgular literatür ışığında tartışıldı. Sonuç olarak; gebelik süresince Wi-Fi' nin sıçan beyin hipokampusundaki dentat girus granüler hücre sayısında herhangi bir değişimine neden olmadığı gözlemlendi.

Anahtar Sözcükler : Gebelik, Granüler Hücre Sayısı, Sıçan, Stereoloji, Wi-Fi.

SUMMARY

Ozalper B, Stereologic examination of the effect on the hippocampal dentate gyrus granular cell count of rats subjected to wireless internet during prenatal period, Y.Y.U. Health Sciences Institute Medical Histology and Embryology Department Master Degree Thesis, Van, 2017. With industrialization and advances in technology we are being severely subjected to non-ionized radiation sources. It's effects on the human tissue are being researched. In this study the effects of Wi-Fi, found in some third generation mobile phones to facilitate internet connection, on the brain hippocampal dentate gyrus granular cell quantity of rats during prenatal period have been examined stereologically. During the study, mated albino rats have been subjected to Wi-Fi throughout pregnancy. A month after giving birth, 6 rats from each group, a total of 12 rats, have been sacrificed under perfusion and anaesthesia. Their skulls have been opened and brains have been removed and placed under routine checks for counting granular cells. Strategic sections have been defined and every 45th section couple with a thickness of 5 micron have been taken and dyed with HE and cresyl viole. By the use of stereology's Dissector-Cavalieri combination method, granular cells have been counted. Man-Whitney-U statistic method has been used for the count results. No statistically meaningful difference has been observed between the groups ($p>0.05$). Findings have been discussed under the light of literature. In conclusion; it has been determined that throughout pregnancy, Wi-Fi did not lead to any changes in the dentate gyrus granular cell count of the rat's brain hippocampus.

Key Words: Pregnancy, Number of Granular Cells, Rat, Stereology, Wi-Fi.

KAYNAKLAR

Abad M, Malekafzali H, Simbar M, Seyed Mosaavi H and Merghati Khoei E (2016). Association between electromagnetic field exposure and abortion in pregnant women living in Tehran. *Int J Reprod Biomed (Yazd)*, 14, 5, 347-54.

Ağaçkanlı MF (2014). Kronik cep telefonu radyasyonu ve koruma amaçlı uygulanan melatoninin tuba uterina üzerine etkisi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Ahlbom IC, Cardis E, Green A, Linet M, Savitz D and Swerdlow A (2001). Review of the epidemiological literature on EMF and health. *Environ Health Perspect*, 109, 6, 911-933.

Akalan MA ve Çevik Demirkan A (2013). Stereoloji ve veteriner hekimlikte kullanım alanları. *YYÜ Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24, 2, 95-100.

Aktümsek A (2001). Anatomi ve Fizyoloji (İnsan Biyolojisi). Nobel yayın dağıtım, 1.Baskı, Ankara.

Albayrak A, Uçak Erden H, Erkal S, Köşgeroğlu N ve Ançel G (2006). Nörolojik Bilimler Hemşireliği. Alter Yayıncılık, Ankara.

Alchalabi ASH, Aklilu E, Aziz AR, Malek F, Ronald SH and Khan MA (2016). Different periods of intrauterine exposure to electromagnetic field: Influence on female rats' fertility, prenatal and postnatal development. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 5, 1, 14–23.

Ambrogini P, Cuppini R, Cuppini C, Ciaroni S, Cecchini T, Ferri P, Sartini S and Del Grande P (2000). Spatial learning affects immature granule cell survival in adult rat dentate gyrus. *Neurosci Lett*, 286, 1, 21–24.

Arıkan İH (2007). Çevresel radyasyonun canlılığın sürdürülebilirliğine etkileri. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Çevre Bilimler Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.

Atakan Y (2014). Radyasyon Ve Sağlığımız. Nobel Akademik Yayıncılık, 1.Baskı.

Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Islami F, Galichet L and Straif K (2011). Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol*, 12, 7, 624–6.

Bakar K (2012). Nükleer tıp alanında çalışan personelin maruz kaldığı radyasyonun fiziksel dozimetri ile belirlenmesi ve radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri. Dumlupınar Üniversitesi, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Balıkçı K (2009). Elektromanyetik alan uygulanan sıçanlarda beyin katekolaminerjik nörotransmitter düzeylerinin araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Elazığ.

Bancroft JD and Stevens A (1996). Theory and Practice of Histological Techniques. Churchill Livingstone, 4th Edition, New York.

Bayer SA (1980). Development of the hippocampal region in the rat II. Morphogenesis during embryonic and early postnatal life. *The Journal of Comparative Neurology*, 190, 1, 115–134.

Bektas Ş (2006). Cep telefonlarının fetal ve postnatal dönemde fare beyincik granüler hücre sayısı üzerine etkisi : Stereolojik bir çalışma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van.

Boyce RW, Dorph-Petersen KA, Lyck L and Gundersen HJG (2010). Designbased Stereology: Introduction to Basic Concepts and Practical Approaches for Estimation of Cell Number. *Toxicol Pathol*, 38, 7, 1011- 1025.

Canan S, Bahadır A, Yıldırım Ş, Odacı E, Şahin B, Baş O, Çolakoğlu S, Bilgiç S ve Kaplan S (2004). Stereolojik uygulamalarda kullanılan pratik gereçler ve bilgisayar destekli stereolojik analiz cihazları. *Türkiye Klinikleri J Med Sci*, 24, 672-680.

Canan S, Şahin B, Odacı E, Ünal B, Aslan H, Bilgiç S ve Kaplan S (2002). Toplam hacim, hacim yoğunluğu ve hacim oranlarının hesaplanmasında kullanılan bir stereolojik yöntem: Cavalieri prensibi. *T Klin Tıp Bilimleri*, 22, S, 7-14.

Chung MK, Lee SJ, Kim YB, Park SC, Shin DH, Kim SH and Kim JC (2005). Evaluation of spermatogenesis and fertility in F1 male rats after in utero and neonatal

exposure to extremely low frequency electromagnetic fields. *Asian J Androl*, 7, 2, 189-94.

Coşkun Ö (2011). İyonize radyasyonun biyolojik etkileri. *Journal Of Technical Sciences*, 1, 2, 13-17.

Çakır M (2013). Human Anatomi. Göktuğ Basım Yayın Dağıtım, İrem Matbaası, 1.Baskı, Ankara.

Daniels WM, Pitout IL, Afullo TJ and Mabandla MV (2009). The effect of electromagnetic radiation in the mobile phone range on the behaviour of the rat. *Metab Brain Dis*, 24, 4, 629-641.

Demir M (2008). Nükleer Tıp Fiziği ve Klinik Uygulamaları. Bayrak Ofset, İstanbul.

Demir R (2001). Histolojik Boyama Teknikleri Başvuru Kitabı. Palme Yayıncılık, Birinci Baskı, Ankara.

Erdösemeci F (2014). Nükleer güç santrallerinin çevre etiği açısından irdelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Eşrefoğlu M (2016). Genel Histoloji, İstanbul Tıp Kitabevi, 2.Baskı, İstanbul.

Gage FH, Kempermann G, Palmer TD, Peterson DA and Ray J (1998). Multipotent progenitor cells in the adult dentate gyrus. *J Neurobiol*, 36, 2, 249–266.

Gökharman FD, Aydın S ve Koşar PN (2016). Radyasyon güvenliğinde mesleki olarak bilmemiz gerekenler. *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 2, 35-40.

Gundersen HJG, Bendtsen TF, Korbo L, Marcussen N, Moller A, Nielsen K, Nyengaard JR, Pakkenberg B, Sorensen FB, Vesterby A and West MJ (1988). Some new simple and efficient stereological methods and their use in pathological research and diagnosis. *APMIS*, 96, 5, 379-394.

Gundersen HJ and Jensen EB (1987). The efficiency of systematic sampling in stereology and its prediction. *J Microsc*, 147, 229-63.

Gundersen HJ, Jensen EB, Kieu K and Nielsen J (1999). The efficiency of systematic sampling in stereology-reconsidered. *J Microsc*, 193, 199- 211.

Güden M, Ulutin C ve Pak Y (2001). Noniyonizan elektromanyetik alanların biyolojik etkileri. *T Klin J Med Sci*, 21, 441-444.

Gürlek N (2009). Cep telefonunun oluşturduğu manyetik alanın in vitro embiyo gelişimi üzerine etkileri. Erciyes üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Anatomi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

Hardell L, Mild Kh, Carlberg M and Söderqvist F (2006). Tumour risk associated with use of cellular telephones or cordless desktop telephones. *World Journal Of Surgical Oncology*, 4, 74.

He WB, Zhang JL, Hu JF, Zhang Y, Machida T and Chen NH (2008). Effects of glucocorticoids on age-related impairments of hippocampal structure and function in mice. *Cell Mol Neurobiol*, 28, 2, 277-291.

Hines M (2006). Prenatal testosterone and gender-related behaviour. *European journal of endocrinology*. 155, 1, 115-121.

Howard CV and Reed MG (1998). Unbiased Stereology Three-Dimensional Measurement in Microscopy. BIOS Scientific Publishers, Oxford, UK.

İskender S (2005). Türkiye’de ve Dünyada Enerji ve Nükleer Enerji Gerçeği. Saner Basım Sanayi, Birinci Baskı, Ankara.

İzci Y ve Erbaş YC (2015). Hipokampus: Yapısı ve Fonksiyonları. *Türk Nöroşir Derg*, 25, 3, 287-295.

Jung HY, Yim HS, Yoo DY, Kim JW, Chung JY, Seong JK, Yoon YS, Kim DW and Hwang IK (2016). Postnatal changes in glucose transporter 3 expression in the dentate gyrus of the C57bl/6 mouse model. *Lab Anim Res*, 32, 1, 1-7.

Kavruk O (2015). Kablosuz Ağların (Wi-Fi) Lenfosit DNA’sı üzerine etkisi ve C vitamininin rolü. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoloji Anabilim Dalı, Isparta.

Kaya A (2002). İyonize radyasyonun biyolojik etkileri. *Dicle Tıp Dergisi*, 29, 3, 65-75.

Khurana V, Moulder J and Orton C (2008). There is currently enough evidence and technology available to warrant taking immediate steps to reduce exposure of

consumers to cell-phone-related electromagnetic radiation. *Med. Phys*, 35, 12, 5203-5206.

Khurana V, Teo C, Kundi M, Hardell L and Carlberg M (2009). Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. *Surg. Neurol*, 72, 205–214.

Kiray M (2010). Elektromanyetik alana maruz kalan sıçan beyin dokusunda oksidatif stres üzerine karnitinin immunohistokimyasal ve yapısal etkileri. Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.

Köklü N (2006). Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri ve tıpta uygulama alanları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Kuloğlu M ve Korkmaz S (2011). Cep telefonu ve baz istasyonlarının nöropsikolojik etkileri. *New Symposium Journal*, 49, 2, 99-105.

Kundi M (2009). The controversy about a possible relationship between mobile phone use and cancer. *Environ Health Perspect*, 117, 3, 316–24.

Faruk Levent (2010). Elektromanyetik tehlikenin farkında mısınız?. *Medikal Teknik Dergisi*, 278.

Martin JE (2013). Radyasyon ve Radyasyondan Korunma Fiziği. Tanır AG, Bölükdemir MH ve Koç K (Editörler). Palme Yayıncılık, 2.Baskı, Ankara.

MEB (2011a). Radyoloji, Sinir Sistemi Radyolojik Anatomisi 720S00059, Ankara.

MEB (2011b). Radyoloji, Radyasyonun Zararlı Etkileri 725TTT055, Ankara.

Moore KL ve Dalley AF (2007). Kliniğe Yönelik Anatomi. Şahinoğlu K (editör). Nobel Tıp Kitabevleri, 4. Baskı, İstanbul.

Moore KL, Persaud TVN and Torchia MG (2013). The Developing Human Clinically Oriented Embryology. Elsevier Saunders, 9th Edition, Canada.

Ngwenya LB, Heyworth NC, Shwe Y, Moore TL and Rosene DL (2015). Age-related changes in dentate gyrus cell numbers, neurogenesis, and associations with cognitive impairments in the rhesus monkey. *Front Syst Neurosci*, 9, 102.

Odacı E, Baş O and Kaplan S (2008). Effects of prenatal exposure to a 900 Mhz electromagnetic field on the dentate gyrus of rats: a stereological and histopathological study. *Brain Research*, 1238, 224-229.

Ohtani S, Ushiyama A, Maeda M, Ogasawara Y, Wang J, Kunugita N and Ishii K (2015). The effects of radio-frequency electromagnetic fields on T cell function during development. *J Radiat Res*, 56, 3, 467-474.

Oskay (2008). P53^{-/-} ve P53^{+/+} Hct116 kolon kanser hücre serilerinde radyasyonun hücre proliferasyonu ve telomeraz aktivitesi üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü, Temel Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Ovalle WK ve Nahirney PC (2009). Netter Temel Histoloji. Müftüoğlu S, Kaymaz F ve Atilla P (Editörler). Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.

Rağbetli MÇ, Aydınlioğlu A, Koyun N, Rağbetli C and Karayel M (2009). Effect of prenatal exposure to mobile phone on pyramidal cell numbers in the mouse hippocampus: A stereological study. *International Journal of Neuroscience*, 119, 7, 1031-1041.

Robbins SL (2003). Temel Patoloji. Çevikbaş U (Editör). Nobel Tıp Kitabevleri, 7. Baskı, İstanbul.

Sage C and Burgio E (2017). Electromagnetic Fields, Pulsed Radiofrequency Radiation, and Epigenetics: How Wireless Technologies May Affect Childhood Development. *Child Development*, 15 Mayıs, 1-8.

Sambucci M, Laudisi F, Nasta F, Pinto R, Lodato R, Altavista P, Lovisolo GA, Marino C and Pioli C (2010). Prenatal exposure to non-ionizing radiation: effects of WiFi signals on pregnancy outcome, peripheral B-Cell compartment and antibody production. *Radiation Research*, 732-740.

Sangun O, Dundar B, Darici H, Comlekci S, Kumbul Doguc D and Celik S (2015). The effects of long-term exposure to a 2450 Mhz electromagnetic field on growth and pubertal development in female wistar rats. *Electromagn Biol Med*, 34, 1, 63-71.

Schirmacher A, Winters S, Fischer S, Goeke J, Galla HJ, Kullnick U, Ringelstein EB and Stögbauer F (2000). Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the blood-brain barrier in vitro. *Bioelectromagnetics*, 21, 5, 338-345.

Schmitz C, Rhodes ME, Bludau M, Kaplan S, Ong P, Ueffing I, Vehoff J, Korr H and Frye CA (2002). Depression: Reduced number of granule cells in the hippocampus of female, but not male, Rats due to prenatal restraint stres. *Molecular Psychiatry*, 7, 7, 810-3.

Seyhan N (2010). Elektromanyetik Kirlilik Ve Sağlığımız. *Nöropsikiyatri Arşivi*, 47, 158-61.

Sırav Aral B (2008). 900 MHz ve 1800 MHz radyo frekans radyasyonunun kan beyin bariyerine etkisi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyofizik Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.

Snell RS (2000). Tıp Fakültesi Öğrencileri İçin Klinik Nöroanatomî. Yıldırım M (Editör). Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.

Solomon EP (2008). İnsan Anatomisi ve Fizyolojisine Giriş. Ertuğrul L (Editör). Akademi Basın ve Yayıncılık, 2. Baskı, İstanbul.

Songur A, Özen OA ve Sarsılmaz M (2001). Hipokampus. *T Klin J Med Sci*, 21, 427-31.

Sönmez OF, Odacı E, Baş O and Kaplan S (2010). Purkinje cell number decreases in the adult female rat cerebellum following exposure to 900 Mhz electromagnetic field. *Brain Research*, 1356, 95-101.

Squire LR (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99, 2, 195-231.

Sterio DC (1984). The unbiased estimation of number and size of arbitrary particles using the disector. *J Microsc*, 134, 127-36.

Sunay Ç (2000). Teknolojiyle birlikte gelen sorun elektromanyetik kirlilik. *Bilim ve Teknik Dergisi*, Ocak, 386.

Sütçü Çiçek H, Yava A, Tosun N, Yavan T, Coşkun H, Eren Fidancı B, Çınar Fİ ve Bağcıvan G (2016). Hemşirelik Ve Sağlık Meslek Okulları İçin Fizyoloji, Klinik Uygulamaya Yönelik. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd Şti., 1.Baskı, Ankara.

Şeker S ve Çerezci O (2000). Radyasyon Kuşatması Elektriğin ve Nükleer Enerjinin Sağlığımıza Etkileri. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 1. Baskı, İstanbul.

Takahashi S, Imai N, Nabae K, Kanako K, Kawai H, Wang J, Watanabe S, Kawabe M, Fujiwara O, Ogawa K, Tamano S and Shirai T (2010). Lack of Adverse Effects of Whole-Body Exposure to a Mobile Telecommunication Electromagnetic Field on the Rat Fetus. *Radiation Research*, 173, 3, 362-372.

Tok OE ve Ercan F (2013). Cep Telefonlarının Yayıdığı Elektromanyetik Dalgaların Sıçan Testis Morfolojisi Üzerine Etkileri. *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3, 3, 138-144.

Tök L, Nazıroğlu M, Doğan S, Kahya MC and Tök Ö (2014). Effects of melatonin on Wi-Fi-induced oxidative stress in lens of rats. *Indian Journal of Ophthalmology*, 62, 12-15.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (2009). Radyasyon, İnsan ve Çevre. Ankara.

Ünal B, Canan S, Aslan H, Şahin B, Çataloluk O ve Kaplan S (2002). Doku örneklerindeki objelerin sayılarının hesaplanmasında tarafsız stereolojik metodlar: Fiziksel Disektör. *T Klin Tıp Bilimleri*, 22, 15-24.

Vural N (2005). Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.

Waxman SG (2002). Korrelatif Nöroanatomi. Yıldırım M (Editör). Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.

Wilen J, Johansson A, Kalezic N, Lyskov E and Sandstrom M (2006). Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*, 27, 3, 204-214.

Yağmur F, Bozbıyık A ve Hancı İH (2003). Elektromanyetik dalgaların insan biyokimyası üzerine etkileri. *Sted*, 12, 8, 296-297.

Yaren H ve Karayılanoğlu T (2005). Radyasyon ve insan sağlığı üzerine etkileri. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4, 4, 199-208.

Yeyin N (2015). Radyasyonun biyolojik etkileri. *Nükleer Tıp Seminerleri*, 3, 139-43.

Yoo DY, Yoo KY, Park JH, Choi JW, Kim W, Hwang IK and Won MH (2011). Detailed Differentiation of Calbindin D-28k-Immunoreactive Cells in the Dentate Gyrus in C57BL/6 Mice at Early Postnatal Stages. *Lab Anim Res*, 27, 2, 153–159.



ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Malatya’da doğdu. Orta öğretimimi Malatya ve Ankara’da tamamladı. 2010 yılında Gazi Üniversitesi Biyoloji bölümünden mezun oldu. 2012 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Temel Tıp Bilimleri Biyofizik Anabilim dalında yüksek lisansını tamamladı. 2013 yılından beri Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Yüksek Okulu’nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. 2014 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Temel Tıp Bilimleri Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim dalında yüksek lisansa başladı. Evli ve bir çocuk annesidir.



T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU

ARAŞTIRMA BAŞVURU ONAY BELGESİ

Araştırmanın Adı	Prenatal dönemde kablosuz internete maruz bırakılan sıçanların hippokampal dentat girus granüler hücre sayısına etkilerinin stereolojik yöntemlerle incelenmesi
Araştırmanın Yürütücüsü	Prof. Dr. M. Çetin RAĞBETLİ
Yardımcı Araştırmacılar	Arş. Gör. Büşranur ÖZALPER
Kurumu	Tıp Fakültesi
Araştırmanın Tahmini Süresi	6 Ay
Kullanılacak Hayvan Türü ve Sayısı	Sıçan 12 Adet
Destekleyecek Kuruluş (lar)	
Başvuru Tarihi	11.02.2016

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2016/04	Tarih:05.05.2016
	Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi öğretim üyesi/elemanı Prof. Dr. M. Çetin RAĞBETLİ sorumluluğunda yürütülmesi planlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen yüksek lisans projesi gerekçe, amaç ve yöntemler dikkate alınarak ilgi başvuru belgeleri incelendi. Çalışmanın etik açıdan uygun olduğuna, projenin aşağıdaki hususlar dikkate alınarak yürütülmesine ve proje yürütücüsüne iletilmesine oy birliği /oy çokluğu ile karar verildi. 1) Projede herhangi bir değişiklik gerektiğinde kurulumuzdan onay alınması. 2) Projede çalışacağı bildirilen araştırmacılar da değişiklik olduğunda kurulumuzdan onay alınması. 3) Deney hayvanları üzerinde yapılacak girişimin başlangıç ve bitiş tarihlerinin bildirilmesi. 4) Çalışma süresinde tamamlanamaz ise ek süre talebinde bulunulması. 5) Çalışma tamamlandığında sonuç raporunun gönderilmesi.	

ETİK KURUL ÜYELERİ BASKAN VEKİLİ	
Yrd. Doç. Dr. Yıldırım BAŞBUĞAN	
Prof. Dr. Duran BOLAT	ÜYELER <i>Sıddık Keskin</i> Prof. Dr. Sıddık KESKİN
Prof. Dr. Fazıl ŞEN	Doç. Dr. M. Fatih GARÇA
Doç. Dr. Nalan ÖZDAL	Doç. Dr. Atilla DURMUŞ
Doç. Dr. Abdulbaki AKSAKAL	Yrd. Doç. Dr. Ferda KARAKUŞ
Zir. Müh. Kenan YILDIRIMOĞLU	Vet. Hek. İsmail Hakkı BEHÇET

*Bu form YÜHADYEK tarafından doldurulacaktır.

YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 22/06/2017

Tez Başlığı / Konusu: Prenatal Dönemde Kablosuz İnternete Maruz Bırakılan Sıçanların Hippokampal Dentat Girus Granüler Hücre Sayısına Etkilerinin Stereolojik Yöntemlerle İncelenmesi


Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 52 sayfalık kısmına ilişkin, 22/06/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin programı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 8 (Sekiz) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.


Büşranur ÖZALPER
Tarih ve İmza
22/06/2017

Adı Soyadı: Büşranur ÖZALPER


Öğrenci No: 149302008

Anabilim Dalı: Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı

Programı: Histoloji

Statüsü: Y.Lisans Doktorat

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR


Prof. Dr. Murat Çevik RAĞBETLİ
Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji
Anabilim Dalı Başkanı

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)