

X - Işınlarnnın Odontogenesis üzerinde etkileri; deneysel araştırma

Gülçin (ÖZEREN) ERSEVEN

I. GİRİŞ :

X ışınlarının keşfinden sonra, bu ışınlar çeşitli amaçlarla kullanılmaya başlanmış ve zamanla bazı zararlı etkileri görülmüştür. Aşağı yukarı yüzyılımızın başından beri amphibialar, balıklar, memeliler üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Bu deneylerde değişik dozlar kullanılmış ve çeşitli anomaliler bulunmuştur. Çalışmalar giderek geliştirildi. Özel organlar, dokular ve hücreler ele alındı. Hemopoietik sistem ya da öbür organlar (örneğin karaciğer, akciğer gibi) üzerinde geniş çalışmalar yapıldı. Buna karşılık Röntgen ışınlarının dişler ve çevre dokularındaki etkileri üzerinde çok az çalışılmıştır.

Tarih açısından, literatürde Röntgen ışınlarının diş ve çevresindeki dokulara etkisi olduğu ile ilgili bulgular ilk kez **Tribondau** ve **Reca-mier** (25) tarafından 1905 yılında bildirildi. Küçük bir kedide yüzün bir tarafına ışın uygulandı. Işınlanan yöndeki dişlerin gelişmelerinde gecikme görüldü. Fakat histolojik araştırma yapılmadı.

Bu konuda daha sonra **Leist**'in (14) 1926 yılında yayınladığı çalışmaları vardır. Araştırmalarında histolojik inceleme de yaptığı için, bulguları daha değerlidir. Bu nedenle ilk araştırma sayılmaktadır. Röntgen ışınlarının diş strüktürü üzerinde etkili olabileceğini **Leist** (14) şöyle bir olay üzerinde düşüdü : Röntgen apareyinde çalışan ve hergün büyük dozda ışının etkisine uğrayan genç bir adamda 6 ay sonra önemli derecede kuvvet kaybı, yorgunluk ve saç dökülmesi görü-

dü. Bu şikâyetler, dikkati Röntgen ışınlarının yaptığı yıkıma doğru çekti. Bu arada kişinin dişlerinden de şikâyeti başladı. Bir süre sonra birden üst sol lateral dişinde, sonradan fistülleşen bir şişlik ortaya çıktı. Bu kişide daha önce bir pulpitis belirtisi yoktu. Şikâyetleri başladığı zamanda bu belirtiyi vermedi. Bir süre sonra bu abseler tüm dişlere yayıldı. Vitalite testlerinde dişlerin çoğunluğunda akıma zayıf ve orta dereceli cevaplar alındı. Oluşan zararlar pulpitis biçiminde olmayıp, pulpada mutlipl destrüksiyonlar yapan formda idi. Yani pulpa önce nekroze oluyor, infeksiyon sonradan belki de kan yolu ile geliyordu. Bu olay üzerine dişler ve çevre dokularda hayvan deneyleri ve araştırmaları başladı.

Smith'in (23) araştırmaları **Leist**'in (14) çalışmalarına benzetilmektedir ve yaklaşık olarak aynı zamana rastlamaktadır.

Daha sonra 1948 de **Dale** (6) total vücut ışınlaması uygulanan ratların insisivleri üzerinde araştırma yaptı. Bunu 1949 da **Piekos** (17) 1950 de **Burston** (4, 9), yine 1950 de **Medak ve ark.** (16), 1959 da **Mathews ve Cameron** (15), 1967 de **Korthals ve ark.** (11), 1968 de **Wyman** (28), 1969 da **Pietrokovski ve Azaz** (18) izledi.

Bütün bu araştırmaların sonucunda, oluşan zararların X ışınları için spesifik değişiklikler olmadığı (11, 19), ayrıca bazı zararlı etkilerin geçici olduğu ortaya konuldu (5, 10, 14, 13, 23). Örneğin bazı beslenme bozukluklarında pulpada X ışınlarının etkisinde görüldüğü biçimde osteodentin yapımı bulundu (11).

İrradyasyonun dokularda oluşturduğu zararlar, o dokunun histodiferansiyasyonunu tamamlayıp tamamlamadığına, dozun yüksekliğine ve etki süresine bağlı olarak değişir (3, 4, 6, 18, 19, 21, 24, 28).

Yapılan deneylerde ışınlama için yalnız X ışınları kullanılmamıştır. Bazı Radyoaktif elementlerin kullanıldığı da dikkati çekmektedir. Bu maddelerin X ışınları ile karşılaştırılmalı çalışmalarında, histolojik tabloların aynı olduğu görüldü (4, 11). Ayrıca deneyler sonucunda oluşan zararların, irradyasyonun direkt etkisi ile görüldüğü kabul edildi. Çünkü ışınlar genellikle tümör tedavisi için çenelere veriliyordu. Bunların o çenedeki etkileri yüksek dozda direkt ve lokaldi. Karşı çenedeki etkileri ise aynı şekilde, fakat bir çok doku ve organı geçerek gittiğinden küçülmüştü (4, 11, 16, 28). **Wyman** (28) bunu şöyle belirtti : Gelişmekte olan dişler üzerinde küçük dozdaki ışınlamanın etkileri, yüksek doz kullanıldığında asıl ışınlama yerinin çevresindeki dişlerde görülenlere benzemektedir. Çünkü asıl ışınlanan yerden uzaklaştıkça, ışınların etkisi azalmaktadır.

A. Total İrradyasyonun Etkileri:

Yetişkinlerde yüksek dozdaki total vücut ışınlamasında **akut radyasyon sendromu** ortaya çıkar. Bu sendromda 3 form vardır. Kişi bu formların herhangi birinde ölebilir.

1. Serebral form : Hastalarda kusma, bulantı, uyuklama, ataksi, konvülsiyon görülür. 2000 r den fazla dozlarla bir kez ışınlama bu tabloyu ortaya çıkarır. 2 gün içinde ölüm görülür.

2. Gastrointestinal form : Hastalarda kusma, bulantı, elektrolit dengesizliği, şok ve dehidratasyon vardır. 500 re den fazla bir kez ışınlama bu tabloyu ortaya çıkarır. Hasta 2 hafta içinde ölebilir.

3. Hemopoietik form : Hastada lenfositopeni, granulositopeni, trombositopeni ve geç dönemde anemi görülür. Daha sonra tümörler oluşabilir. Şöyle ki, önce kemik iliğinin çalışmasını inhibe eder, bir süre sonra hiperplazi oluşur, geç dönemlerde ise tümörler görülebilir. 100 r den fazla bir kez ışınlama bu tabloyu ortaya çıkarır. Hasta 2 ay içinde ölebilir.

Yerel ışınlamanın sistemik belirtileri : A) Radyasyon hastalığı. - Işınlamadan hemen sonra ya da 48 saat sonra görülür. Bulantı, iştahsızlık, psikişik bozukluklar, bazen de kusma olur. Kendiliğinden geçebilir. Yeni ışınlamalarla tekrarlar.

B) Radyasyon Kaşeksisi. - Irradyasyondan bir süre sonra ortaya çıkar. Patogenezi belli değildir. Hasta birkaç ay içinde ölebilir, ya da kaşeksi ileri derceye varmaz ve hasta bu durumda yaşamasını sürdürür.

C) Kandaki Değişmeler. - Yukarıda anlatıldığı şekildedir.

Ayrıca deride yanıklar, bunlara bağlı infeksiyon ve sikatrisleşme, geç döneminde deri kanserleri görülür. Gonadlara etkisi ile geçici sterilite oluşur. Sterilite kendiliğinden düzelebilir. Çünkü sürekli sterilizasyon için gonadlara 500r den fazla ışın uygulanmalıdır. Oysa total vücut ışınlamasında bu doz öldürücüdür. Germ hücrelerinde kromozom yapısı bozulup mutasyonlar oluşur; buna bağlı olarak doğacak kuşaklarda anomaliler görülür (8, 19).

Farelere yaşamları süresince birçok kereler küçük dozda X ışını uygulanırsa, geç dönemde lösemi görülür. İnsanlarda küçük dozdaki X ışınlarının etkisi üzerinde açık bilgiler yoktur. Fakat radyologlarla öbür doktorların karşılaştırmalı incelenmeside, radyologlarda beklenilenden daha çok lösemi bulunur (8).

Fötüse total vücut ışınlamasının etkileri :

Fötüs üzerine total vücut irradyasyonu gebe annelerin ışınlanması sonucunda incelenmiştir. Burada zararlar radyasyonun dozuna süresine, fötüste organogenezisin dönemine göre çeşitli ağırlıkta olur. Gelişmekte olan doku ve organlar ışınlara daha duyarlıdır. Bu nedenle gebelik süresince, özellikle ilk 2-3. aylarda irradyasyon tehlikelidir (8, 17, 19, 21, 24, 28).

Fötüste oluşan zararlar ağırlık derecesine göre şu şekilde sıralanır : Göz ve iskelet anomalileri, mikrosefali, tümörler ve abortuslar gibi.

Bar ve Boule (1) araştırmalarında 3 aylık gebe kadına karındaki habis tümör nedeni ile ventral abdominal duvardan yüksek dozda X ışını uyguladığını bildirdiler. Bu hasta bir süre sonra prematüre ikiz doğurmuştur. İkizlerden biri doğunda, öbürü kısa bir süre sonra ölmüştür. Gebe kadınların X ve Gamma ışınları ile tedavisi sonucunda yukarıda anlatılan türde anomalilere ve abortuslara rastlanmıştır. Daha sonra yapılan hayvan deneylerinde de aynı tür zararlı etkiler görülmüştür. Fakat insanlarda mikrosefali görüldüğü halde, hayvan deneylerinde buna hiç rastlanmaması, ilginç bir noktadır.

Araştırmacılar bu arada gelişme sırasında fötüsün ya da organların X ışınlarına daha duyarlı olduğu özel bir dönemin olup olmadığını incelemişlerdir. Fareler üzerindeki bu çalışmalar gebeliğin 9. gün beyin, 10. gün gözler, 11. gün çeneler için tehlikeli günler olduğunu ortaya koymuştur. Yani bu günler o organların organogenezisinde en duyarlı dönemdir.

Rugh ve ark. (21) kondrogenezis ve osteogenezis başlamadan önce uzun süre X ışını ile tedavi edildiğinde, farelerin iskelet sisteminde bozukluklar ve gelişmesinde gecikmeler olduğunu gösterdiler. Bu bozuklukların gebeliğin 11-13. günleri arasında uygulanan ışınlamalarda görüldüğünü belirttiler.

Farelerde gebelik süresi 20-21 gündür, insanlarda ise gebelik 270-280 gün arasında değişir. Şöyle ki fareler için tehlikeli olan bu günler insanlar da gebeliğin 3-4. aylarına rastlar.

B. Diş ve Çevre Dokularında İrradyasyon Zararları :

Diş ve çevre dokularında irradyasyonun zararları değişik doz-

larda ve gelişmenin değişik dönemlerinde her dokuda ayrı ayrı incelenecektir.

1. Mine :

Genel olarak tüm yazarlar mezenkimal diş dokularının epitelial strüktürden daha radiosensitiv olduğunu kabul ederler. Yani odontoblastlar, epitelial eleman olan ameloblastlara göre daha duyarlıdır (3, 4, 5, 11, 14, 18, 23, 28). Gebelikle küçük dozlar daha çok duyarlı kısımları zarara uğratar, mine ancak yüksek dozlarla etkilenmektedir (18). Bu aynı zamanda o dişin histodiferansiasyonuna da bağlıdır (3, 4, 5, 15, 18, 28). Yani diferansiasyonunu tamamlamayan dişlerin genç ameloblastları, olgun ameloblastlara göre daha duyarlıdır. Bu ameloblastların relâtiv radioresistant olduğunu gösterir (3, 4, 28).

Burston (5) ışınlanmadan sonra kronların gelişmesini, buna karşın köklerin oluşmamasını ya da anomalilerin meydana gelmesini, ışınların mine üzerine etkili olmadığı şeklinde yorumlamıştır.

Literatürde adı geçen yazarlar içinde yalnız **Dale** (6), ameloblastları odotoblastlardan daha duyarlı bulmuştur.

Yapılan araştırmalarda gebeliğin 11.-15. günlerinde düşük dozlarla fötüsün irradyasyonu sonucunda ameloblastların normal oluştuğu görüldü. Buna benzer bir deneyde ise ameloblastların bir kısmında diferansiasyon gecikmesi, odontoblast-ameloblast tabakaları arasında geniş vakuoller bulundu. İnsisivlerin bazı alanlarında mine hiç oluşmamıştı ve tüberküllerde de defektler vardı (28).

Piekos'un (17) yaptığı deneylerde intrauterin ve küçük dozlarda ışın uygulandı. Bunlar 7. gün öldürülerek incelendiğinde, mine organı pulpasında kalın tonofibriller, molarlarda mine anomalileri, prizmalarda enine mine defektleri görüldü. Bu defektler, içinde dev hücreleri de bulunan bir granülasyon dokusu ile dolu idi. Bazı kesimlerde ise mine tamamen yoktu.

9 aylıktan 4 yaşına kadar bir çocuğun yüksek sayabileceğimiz dozda ışınlanması sonucunda tüm süt dişlerinde mine hipoplastik görünümde idi. Aynı zamanda sürekli insisiv ve 6 No. lu dişlerde minede hipokalsifikasyon vardı. 2 yaşındaki bir hastaya buna yakın dozda ışınlama uygulandığında, insisivlerde mine hipoplazisi ve dişlerde sekonder infeksiyonlar görüldü (28).

Hayvan deneylerinde yüksek sayabileceğimiz dozlarda ışın uygulanan 2 günlük ve ona yakın yaştaki fareler 7. gün öldürüldüğünde

ameloblastlarda şekil değişikliği (küboidal görünüm, yassılaşıma), hidropik degenerasyon, yeni ameloblast yapımında durma görüldü (3, 4). Mine matriksi yalnız ameloblastların normal olduğu bölümlerde vardı, öbür kesimlerde oluşmamıştı. Bu fareler 9-10. gün öldürüldüğünde aynı zararlar daha ağır görünümde idi. Örneğin ameloblastlar tek çekirdekli makrofajlara benziyorlardı. Fareler 12 gün ışınlandıklarında bu süre sonunda yukarıda anlatılanlara iç ve dış mine epiteli arasında keratohyalin cisimlerin görülmesi ekleniyordu. Aynı doz 6 günlük farelere uygulandığında 37. gün 3. büyük azının erüpsiyon yapmadığı görüldü. Histolojik incelemede bunun çevresinde yassı epitel türünde hücreler vardı. Belki de bu hücreler mine organının başkalaşmış şekli idi. (3)

Gram başına yüksek sayabileceğimiz dozda radioaktif P³² verilen deney hayvanlarının ameloblastlarında hidropik degenerasyon, şekil değişikliği (küboidal ve yassı görünüm), yeni ameloblast yapımında durma vardı (4).

Fareler 28 günlükken yüksek dozda ışınlama sonucunda 9. gün insisivlerin ameloblast tabakasında çok hafif destrüksiyon görüldü (3).

Orta sayabileceğimiz dozda radyasyon uygulanan genç farelerde Dale (6) düzensiz bozuk renkli mine yapımı, prizmatik sübstansta inklüzyon cisimleri, amelogeneziste durma olduğunu bulmuştur. Makroskopik olarak mine hypoplastik görünümde idi.

Radioaktif Co⁵⁵ ve P³² ile orta dereceli irradyasyon sonucunda minede patolojik bir bulguya rastlanmadı (4, 11). Aynı şekilde Leist (14), Holznecht ünitesinde ayarlanan ve orta yükseklikte sayılabilen dozlarla ışınlanan deney hayvanlarının özellikle minesinde patolojik bir durum olmadığını belirtti.

5 aylık bir bebeğe sol dudak komisurasındaki konjenital nevus nedeniyle küçük sayılabilen dozla ışın uygulandı. Hasta ilk olarak 2,5 yaşında iken görüldü. 15 yaşına kadar izlendi. Makroskopik olarak her iki çenede de süt insisivlerinde mine defekti ve aşınması vardı. Ayrıca sol taraftaki IV-V ve 6 No. lu dişlerde mine hypoplazisi görüldü. Bu arada tüm tedavi çalışmalarına rağmen hasta 10 yaşına gelince 6 No. lu dişlerin hepsinin çekilmesi zorunluğu ortaya çıktı. Sol alt 6 No. lu diş histolojik inceleme için kesildiğinde, kolay parçalandı. Aside konmadan incelendi. Minede hypoplazi yoktu, fakat bozuk kalsifikasyon görüldü. Aside konarak incelenen öbür 6 No. lu dişlerde de hypoplaziye rastlanmadı (28).

2. Dentin

Yukarıda odontoblastların ameloblastlara göre daha radiesensitiv olduğunu yazmıştık. Hatta **Leist** (14) X ışınlarının odontoblastlar üzerindeki seçici etkisinin ilginç olduğunu belirtmiştir. Bunlarda da oluşan zararlar öbür dokulardaki gibi ışınların dozuna, etki süresine ve hücrelerin diferansiasyonlarını tamamlayıp tamamlamadığına bağlı olarak giderek artmaktadır.

Gebeliğin 11-15. günlerinde alçak ve orta arasında sayılabilecek dozda ışın uygulanan fötüste 10. gün odontoblast tabakasında diferansiasyon bozuklukları görüldü. Bazı alanlarda dentin appozisyonunda azalma, bazı alanlarda ise hiç oluşmadığı bulundu. Buna yakın doz kullanılan bir başka deneyde fötüsün dişlerinde odontoblast-ameloblast tabakaları arasında geniş vakuoller vardı. İnsisivlerin ucunda bozuk dentine rastlandı (3).

Yüksek sayılabilen dozla ışınlanan 2 günlük fareler 7. gün öldürülüp incelendiğinde odontoblastlarda şekil bozukluğu, osteodentin yapımı görüldü. Bu fareler 9-10. gün öldürülerek incelendiğinde aynı zararlar daha ağırdı. Fareler 4 günlükken bu doz uygulandığında, ışınlamadan 8 gün sonra yalnız insisivlerin büyüyen kesimindeki odontoblastlarda anomaliler vardı. 6 günlük farelerin bu dozla irradyasyonunu izleyen 37. gün en ağır defekt 3. molarlerde bulundu. Genel olarak dişin tüm tabakalarında diferansiasyon bozuklukları görüldü. Öbür dişlerde oluşan zararlar daha çok kök dentinini ilgilendiriyordu ve fazla önemli değildi (3).

Yine yüksek dozda ışın uygulanan deney hayvanlarında özellikle insisivlerin odontoblast tabakasında kanamalar, sayılarında azalma, şekil bozukluğu, dentinde derin çentikler, formasyon bozuklukları vardı (5, 11, 17, 23). **Pietrokovski** ve **Azaz** (18) bütün bunlara ek olarak dişlerin apeks bölgesindeki dentinde rezorpsiyon ve appozisyon çizgileri buldular. Şekil bozukluğu gösteren odontoblastlar yuvarlak ve polihedral görünümde idiler.

Radiaktif P^{32} ile gram başına yüksek doz kullanıldığında odontoblastlarda hidropik degenerasyon, özellikle kötekilerde polihedral görünüm vardı. Bazılarının çevresinde osteodentine rastlandı (4).

Orta yükseklikteki dozlarla ışınlanan deney hayvanlarında dentinde büyük zararlar, büyümesinde kesiklik ve durma, oluşan kısımlarda incelik vardı. İnsisivlerin büyüyen kesimindeki odontoplast tabakasında kanamalara, düzensiz sıralanmalara, şekillerinde bozukluklara rastlandı (11 28).

Dale (6), bu dozlara yakın irradyasyonda odontogenezisin durgunu gösterdi.

3 günlük fareler yine aynı dozla ışınlanınca, patolojik bulgu olarak yalnız osteodontin yapımı vardı (3).

Küçük dozlar kullanıldığında **Piekos** (17) düzensiz dentin yapımı ve hypoplazisi buldu. Ayrıca dentin içinde hücreler vardı. Dişi çürük şeklinde etkileyen bozuk kalsifikasyon ve odontoblastlarda degenrasyonlar da dikkatli çekti.

Burada odontoblastların ve ameloblastların şekil değiştirmeleri radiodiferansiyasyon olarak kabul edildi. Örneğin normal olgun odontoblastların osteodontin yapma özellikleri yoktu. Radyasyonun etkisiyle odontoblastlar polihedral görünümdeki osteoblastlara dönüştürüyorlardı. Genç odontoblastlar diferansiyasyon dönemi sırasında giderek normal dentin yapma olanaklarını kaybediyorlardı. Sonuç atrofiye kadar da gidebiliyordu. İşte düzensiz dentin ve osteodontin yapılması, çentikler, odontoblastların sıralarının bozulması, sayılarının azalması, şekil bozuklukları ve sonuçta tamamen kaybolmaları bunu gösteriyordu (4, 11, 16).

Genellikle bu etkiler geçici idi. Işınlamadan bir süre sonra normale dönüş oldu. Örneğin farelere yüksek doz verilerek odontoblast tabakası zarara uğratıldı. Dişlerin büyümesi inhibe edildi. İrradasyondan 1 hafta sonra dişlerin normale döndüğü görüldü. Yalnız yeni oluşan kesimler normale göre biraz daha küçük ve ince idi. Bu konuda daha birçok yazar aynı görüşte olduklarını belirttiler (11, 23).

3. Sement

Radioaktif P^{32} ile gram başına yüksek sayılabilen bir dozla tedavi edilen deney hayvanlarında köklerin apakslerinde osteodontin ve atipik sement yapımına rastlanmıştır (4).

Yüksekle orta doz arasında ışın uygulandığında sement üzerinde değişik düzeyde rezorpsiyon ve appozisyon çizgileri bulunmuştur. Appozisyon bölgelerini kemiğe benzer bir oluşum ve fibröz doku doldurulmuştur. Ayrıca hipersementoz da görülmüştür. (18)

4. Pulpa :

Bu konuda araştırma yapan yazarların bulguları genellikle aynı idi: Pulpada hiperemi, hemoraji, ödem ve vaskülarizasyon gibi. Bu değişiklikler vücuttaki öbür organların radyasyon hastalığında da en çok rastlanılan bulgulardı (3, 5, 11, 17, 18, 23, 28).

Literatürde kullanılan ve yüksek olarak kabul edebileceğimiz dozda ışın uygulanan genç deney hayvanlarında pulpada, çevrelerinde normale benzemeyen odontoblastlar bulunan dentin ve osteodentin adacıkları görülmüştür (3,5 11, 18, 23). Yine bu dozlarda pulpada multipl destrüksiyonlar, bağ dokusunda fibröz gelişme, kronik iltihabi infiltrasyon, degenerasyon ve atrofi bulunmuştur (3, 5, 11, 17, 18, 23).

Yaklaşık olarak orta yükseklikte sayabileceğimiz dozlarda pulpada yine osteodentin yapımına rastlanmıştır (28).

Konjenital nevus nedeniyle 5 aylık bir çocuğun sol çene bölgesine küçük dozda ışın uygulanmıştır. Bunun sonucunda gelişiminin daha geç dönemlerinde 6 yaş dişlerinin tümünün çekilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Yapılan histolojik incelemede hepsinin pulpasında küçük kalsifikasyon alanları, yağ dokusuna benzer oluşumlar bulunmuştur (28).

Yukarıdakilere göre daha düşük doz uygulayan **Piekos** (17) pek az sayıda kistik formasyon, nekroz ve atrofi bulunduğunu açıklamıştır.

Pulpadaki kalsifikasyon ve yağ dokusu ile radyasyon arasında bir ilişki kurulamamıştır. Oysa odontoblastların polihedral osteoblastlara dönüşmesi ve osteodentin yapmasının direkt radyasyon etkisi ile olduğundan yukarıda bahsetmiştik (4, 5, 11, 28).

5. Kökler :

Gebe kadınların X ve Gamma ışınları ile tedavileri sonucunda fötüsün diş köklerinde incelik, kısalık, eğrilik, apeks bölgesinde ikiye ayrılma gibi anomaliler bulunmuştur. Daha sonra yapılan deneylerde de yukarıdaki gibi yüksek doz uygulanan gebe hayvanların yavrularında benzer bozukluklar görülmüştür (5, 17).

6 aylıktan 3 1/2 yaşa kadar yüksek dozla tümör tedavisi gören bir çocukta 8 yaşına gelince yapılan incelemede üst sağ 6 No.lu, alt sağ 4, 6, 7 No.lu dişlerin kron ve köklerinde, yine alt çenede sağ ve sol 1, 2, 3, No.lu dişlerin yalnız köklerinde kısalık, incelik görüldü. 5-21 ay arasında yukarıdakine yakın dozda ışın tedavisi uygulanan başka bir çocukta üst 2 ve 7 No.lu dişlerin köklerinde deformasyon, kısalık, çaplarında incelik vardı (28).

Gözündeki habis bir tümör nedeniyle 2 1/2-5 yaşları arasında yine yüksek dozda ışın uygulanan bir çocukta da yukarıda anlatılan türde (incelik, kısalık, eğrilik ve hiç oluşmama gibi) anomaliler bulundu (18).

7-8 yaşlarında total olarak yüksek dozda ışınlanan bir hasta 21 yaşına geldiğinde 2. molar dişlerin kökleri oluşmamıştı (28).

Deney hayvanlarına yüksek sayılabilecek dozlar uygulandığında 4 günlük farelerde 8. gün yalnız 3. molarlarda anomali bulundu. Işınlama 12 gün yapıldığında özellikle ışın uygulanan kesimin molarlarında daha fazla olmak üzere kökler gelişmemişti. Kök oluşması gösteren dişlerin apekslerinde dentinoid doku toplulukları görüldü. Bazılarında alveol kemiğine ankiloz vardı. Bazılarında ise kökler normal görünümde değildi. İnsisivlerin apeks bölgesinde incelik ve malformasyon bulundu (3).

Genel olarak radioaktif elementlerin kullanılmasında, örneğin radioaktif P^{32} yüksek dozda verildiğinde, aynı türde değişiklikler görüldü (4).

Orta ile yüksek arasında sayılabilecek doz ile ışınlanan bir çocukta üst sürekli dişlerin bir kısmında kökler ince, kısa ve deforme idi (28).

Fareler üzerine buna yakın dozda ışın uygulandığında insanlardakine benzer bozukluklar, yani kökte gelişme gecikmesi ve şekil bozukluğu görüldü (3).

Ağızda süt dişleri bulunan bir köpek orta sayılabileceğimiz bir doz ile ışınlandığında, kök gelişmesinin yavaşladığı görüldü (4).

5 aylıkken orta ile düşük sayılabileceğimiz bir dozda ışın uygulanan bir çocukta 9 yaşında radyolojik inceleme yapıldı. Bunun sonucunda ışınlanan kesimdeki diş köklerinin daha erken oluştuğu dikkati çekti. Yine 2-3 yaşları arasında bir çocuğa 4-5 ay süresince düşük dozlarda Radyum uygulandığında üst sol 1, 2, 3, 4, 5 No.lu dişlerin apeksleri erken olmuştu. Fakat kökler ince ve eğri idi (28).

Piekos'un (17) yaptığı hayvan deneylerinde oldukça düşük doz kullanıldı. 37 deney hayvanının dişlerinin 122 kökünde anomali bulundu (total kök sayısının % 1,8 i).

Bu araştırmaların tümünde radyasyonun kök üzerinde etkisinin 2 yönde olduğu görüldü: (1) Radyasyon ya pulpada odontoblast diferansiyasyonunu durduruyordu, (2) Ya da Hertwig epitel kınını zarara uğratiyordu (28).

6. Dişler (Genel Olarak) :

Gelişmenin erken döneminde yeterli derecedeki yüksek dozlarla ve ışının uygulandığı yere bağlı olarak tüm ya da parsiyel agenezis

görülür. Daha hafif zarar olarak bazı dişlerde hipoplazi, dental organ-
da tam ya da parsiyel gelişme inhibisyonu oluşabilir. Ayrıca süpernü-
merer dişlerin bulunması ilginç bir noktadır (17, 23, 28).

Tümör nedeniyle 8 haftalıktan 4 yaşına kadar aralıklarla yüksek
dozda ışın tedavisi gören bir hastada, ışının uygulandığı çenede üst-
te premolerler, altta molerler oluşmamıştır. 6 aylık bir hastaya teda-
vı amacıyla yüksek dozda ışın uygulanmış, ışınlanan alt çenede pre-
molerlerin ve 2. molerin oluşmadığı görülmüştür. Yine 6 aydan 3 1/2
yaşına kadar yüksek dozda ışın uygulanan bir çocukta her iki çenenin
premolerleri, 15 aylıkken 8 gün yukarıda kullanılan dozlara yakın ni-
celikte ışın alan bir çocuğun premoleri ve iki moler dişi oluşmamıştı.
9 aylıktan 4 yaşına kadar bu dozda ışın uygulanan bir hastanın süt
dişleri hypoplastikti ve her iki çenedeki 1 ve 6 No.lu dişlerde hypo-
kalsifikasyon dikkati çekmişti. 2-3 yaşlarında iken bu dozlarda ışın
uygulanan hastaların birinde yalnız 9 sürekli diş gelişme gösterdi.
Fakat bu hastada ışınlamayı ağır bir enfeksiyon izlemiştir. Bazı dişle-
rin eksikliği belki de enfeksiyona bağlıydı (28). Başka bir hastada
birçok dişlerin yalnız kronları gelişme gösterdi. Fakat gelişimin daha
geç dönemlerinde bu dişler erüpsiyonlarını tamamladılar ve bir kısmı
öklüzal fonksiyon bile yaptı (18).

Daha ileri dönemlerde ya da düşük dozlarla ışınlamalarda dişler-
de kısalık, cücelik, erüpsiyon gecikmeleri ve öbür dokularda anomaliler
görüldü (3, 4, 5, 11, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 28).

Donohve ve Perrault (7), orta sayılabilecek bir dozla ışınlama
yapılan hayvanların diş büyümesinde kesiklik gördüler. 3. büyük azı-
nın yalnız kronu gelişmişti.

6 ayla 3 1/2 yaş arasında orta yükseklikteki dozda ışın uygulanan
bir çocuğun daha ileri yaşlarındaki incelenmesinde, sağ üst 5 No. lu di-
şin hiç gelişmediği görüldü. O tarafın üstte 6 No. lu, altta ise 4, 6, 7
No. lu dişlerin kron ve köklerinde, alt çenenin sağ ve sol bölümündeki
1, 2, 3, No. lu dişlerin yalnız köklerinde kısalık, incelik ve gelişme ge-
cikmesi bulundu. 9 ayla 4 yaş arasında bir çocuğa bu yükseklikteki do-
zun uygulanması sonucunda 2 ve 7 No. lu dişlerde tüm olarak defor-
masyon ve cücelik görüldü (28).

Föetal yaşamlarının son günlerinde düşük dozda ışınlanan hayvan-
ların, total 6736 dişinden 80 tanesinde (% 1,2) anormal pozisyonlar
görüldü. Gerçi kontrol hayvanlarında da bu tür pozisyonlara rastlandı,
fakat çok fazla değildi (17). Düşük dozda ışın uygulanan insanların
dişlerinde sallanmalar ve özellikle kollumda lokalize olan çürükler

görüldü. Çürüklerin genellikle sekonder olay olduğu düşünöldü. Çünkü irradasyon sırasında tükürük bezlerinde de bir takım değışiklikler oluyordu. Bu da tükürüğün nicelik ve niteliğini etkiliyerek, azalma ve bozulmasına yol açıyordu. Ayrıca ışınlama sonucunda periodontal çekilmeler göröldü. İşte bunların sonucunda ışınlamayı izleyen uzun bir süre sonra çürükler ortaya çıkıyordu (5, 11, 18, 23).

7. Liş Erüpsiyonu :

Radyasyonun diş erüpsiyonu üzerinde de etkisi vardır. Gebeliğın 15. gününde orta sayılabilecek bir dozla ışınlanan farelerde diş erüpsiyonunda hafif gecikmeler göröldü (28).

Yenidoğanlarda ve biraz daha geç dönemde yüksek dozda uygulanan X ışınlarının etkisi şu şekilde göröldü: 4 günlük farelere yüksek doz uygulandığında 8. gün 1. molar erüpsiyonunu tamamlamadı. 6. günlük farelere bu dozun uygulanması sonucunda yalnız 1. molar erüpsiyon yapmadı (3).

5-8 yaşları arasında yüksek dozda Radyum tedavisi gören bir hastada 13 yaşına geldiğında 1. molar, 21 yaşına geldiğında ise 1. ve 2. molar henüz erüpsiyonunu tamamlamıştı (28).

Gowgiel (10), 18 tane Macacus rhesus maymununa 39 aylık bir süre içinde yüksek sayılabileceğimiz 3 değışik dozda X ışınını çenelelere uyguladı. Kontrol hayvanlarında dişler normal erüpsiyonlarını tamamlarken, deney hayvanlarında gömük dişler vardı.

Yine yüksek doz uygulanarak yapılan bir başka deneyde, dişler 2. hafta sonunda erüpsiyon gecikmesi, 3. hafta sonunda ise erüpsiyonda tamamen durma gösterdiler (18).

Yüksekle orta arasında sayılabileceğimiz bir dozda 2 bulgu ortaya konuldu: Ya düşük dozlarda göröldüğü gibi erüpsiyon hızında hafif bir artma ya da yüksek dozlardaki gibi gecikme ve durma (18).

Donohve ve Perrault (7), yukarıdakinden biraz daha düşük dozda irradasyonla erüpsiyonda patolojik bir bulguya rastlamadıklarını bildirdiler. Oysa aynı dozla çalışılan bir başka deneyde ilk 4 hafta içinde azalma, daha sonra düşük dozlarda göröldüğü kadar az bir artma kaydedildi (18). Aynı dozla **Leist'in (14)** yaptığı araştırmada, ağzında henüz süt dişleri bulunan bir köpeğın sürekli dişleri erüpsiyonlarını geç tamamladı.

Orta sayılabilecek dozlarla irradasyondan sonra deney hayvanlarının diş erüpsiyonları hızında çok az bir artış kaydedildi (18).

5 aylık bir bebeğin yüzünün sol tarafına düşük dozda X ışını uygulandı. Burada alt bölümdeki dokulara geçen doz yaklaşık olarak yarı yarıya azalma gösteriyordu. Hasta ilk kez 2 1/2 yaşında doktora geldi. Annesinin izlenimlerine göre, o tarafın süt dişleri daha erken erüpsiyonlarını tamamladılar (28).

2 1/2-3 yaşlarında bir hastaya düşük dozda Radyum tedavisi sonucunda üst sol 3, 4, 5 No. lu dişlerde erken erüpsiyon görüldü (28).

Daha önce yapılan hayvan deneylerinde hipafizin diş erüpsiyonu üzerinde etkisi olduğu ortaya konulmuştu. Oysa X ışınları uygulanan hayvanlarda çeşitli yollardan Hipofizin etkisi kaldırıldığında, erüpsiyon hızındaki artma ve azalmaların doğrudan doğruya ışınlamaya bağlı olduğu gösterildi (16).

Özet olarak, Intauterin yaşamda küçük dozdaki ışınlamalar diş erüpsiyonunu geciktirmektedir. Doğumdan sonraki yaşamda düşük dozlar genellikle erüpsiyon hızını arttırmakta, yüksek dozlar ise erüpsiyonu geciktirmekte ya da durdurmaktadır. Orta sayılabilecek dozlarda her iki durum görülebilmektedir.

8. Periodontal Membran :

Yüksek dozda ışınlanan 4 günlük fareler 8 gün sonra incelendiğinde, periodontal membranda iltihabi infiltrasyon görüldü. 28 günlük fareler aynı dozla ışınlandığında ise 9 gün sonra periodontal membranın bazı kesimlerinde kapiller dilatasyonu, bazı kesimlerinde ise nekroz vardı (3).

Orta sayılabilecek dozlar uygulandığında, 12. günde periodonsyumda interradiküler ve interdental alanda nekrotik kısımlar bulundu (11).

İrradasyon dozu daha düşük olduğunda, 12. günde periodonsyumdaki bağ dokusu içinde iltihabi infiltrasyona rastlandı (11).

9. Çene Kemikleri :

2 günlük farelere yüksek dozda ışın uygulandığında 7. gün çene kemiklerindeki trabeküllerde ve osteoblastlarda azalma vardı. 4 günlük fareler aynı dozla ışınlandığında ise maksillada alveoler proses oluşmadı. Fareler 6 günlük olunca bu dozlarla ışınlanmasından 37 gün sonra köklerin alveol kemiğine ankilozu görüldü (4).

Erişkin insanlara alt dudaktaki tümör nedeniyle yüksek dozda ışın uygulandığında, mandibulada yaygın osteoradionekrozis oluştu.

Lawrence (12) ve **Warren** (26) ışıklara bağlı olarak mandibuladaki nekrozun oluşma nedenini, bu kemiğin kompakt yapısı ve mineral kesiminin % 85 inin kalsiyum olması yönünden açıkladılar. Çünkü yüksek mineral konsantrasyonu ışıkları absorbe etmekte ve ışıkların komşu yumuşak dokulara yayılmasına engel olmaktadır. Bu nedenle kompakt kemikler ışıklara daha duvarlıdır. Ayrıca ışıklamadaki sekestrasyon, osteomyelit sekestrasyonuna göre daha geç oluşmaktadır. **Watson** ve **Scorborough** (27), bunun nedenini şu şekilde açıkladılar: Periost ve osteoblastlar radyasyona çok duyarlıdır ve ışıklama, sonucunda büyük zarar görürler. Buna bağlı olarak da sekestrasyon ve kemik regenerasyonu geç olur. Ayrıca yüksek dozda ışıklama, o sırada ağızda bulunan dişlere infeksiyon ve travma yönünden de etki yapar. Dişlerde oluşan küçük bir infeksiyon, derhal çene kemiğine geçme eğilimi gösterir. Işıklama uygulandığı süre içinde diş çekiminin yaptığı travma, kemik nekrozunu kolaylaştırır.

Warren (26), yaptığı deneylerde yukarıdakilere ek olarak, oluşan nekrozun çevresinde yabancı cisim dev hücreleri, parsiyel kalsiyum kaybı ağır endarteritis obliterans gördü. Radyasyonun, (travma ve infeksiyondan uzak kaldığı sürece) kemiğin yalnız fiziksel yapısının değiştiğini bildirdi. Çünkü amorf mineral desteğin varlığını ve kemikteki değişmenin son derce yavaş olması, kemiğin makroskopik bütünlüğünün devamını sağlıyordu.

Ewing (9) yüksek dozda ışın uygulanması sonucunda subperiostal yeni kemik yapımı olduğunu bildirdi. Kemik yüzeyi makroskopik olarak granüllü görünümdeydi. Histolojik incelemede ise, kemiğin hücre bulunan kısımları düzensizdi ve lameller madde hyalinize olmuştu. Yazar, bu bulguların ağır osteoblast değenerasyonu sonucu olarak ortaya çıktığını belirtti.

Deney hayvanlarının yüksek dozda ışınlanması ve radyoaktif izotopların uygulanması sonucunda çene kemiklerinde nekroz ve atipik regenerasyonlar görüldü. Regenerasyonlar daha çok epifiz kırıkdağının yanında oluştu (6). Çünkü epifiz kırıkdağı ışıklara çok duyarlıdır. Bunun abuk zarara uğraması atipik regenerasyonların oluşmasına yol açar, intrakartilaginz gelişmeyi geciktirir, yavaşlatır ve durdurur (5, 8, 19).

Intrauterin olarak sıçanların yüksek-orta arasındaki dozlarla irradyasyonu sonucunda tatol vakaların % 16,3' oranında çene kemiği anomalileri görüldü. Yine bunlara yakın yükseklikteki dozlarda ışıklanan gebe farelerin yavrularında iskelet sisteminde gelişme gecikmesi ve kemik çaplarında incelemeler bulundu (15, 17).

(Devamı var)