

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOTERAPİ AMAÇLI ELEKTROTEKSTİL
YÜZEY TASARIMI

Pınar YILMAZ

Ekim, 2019
İZMİR

FOTOTERAPİ AMAÇLI ELEKTROTESTİL YÜZEY TASARIMI

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

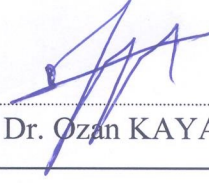


Pınar YILMAZ

**Ekim, 2019
İZMİR**

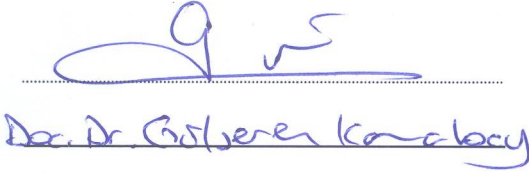
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

PINAR YILMAZ, tarafından DOÇ.DR. OZAN KAYACAN yönetiminde hazırlanan “FOTOTERAPİ AMAÇLI ELEKTROTEKSTİL YÜZEY TASARIMI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

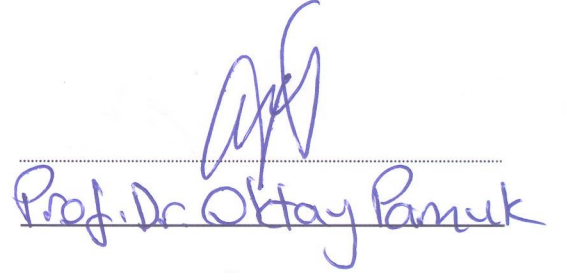


Doç. Dr. Ozan KAYACAN

Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimden başlayarak, yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca değerli deneyimleri ışığında yol aldığım ve ileri görüşüyle yenilikçi ve özgün konularda çalışmamı ve gelişmemi sağlayan, bilgisini paylaşmaktan kaçınmayan, sevgisini her daim hissettiğim saygı değer danışmanım Sayın Doç.Dr. Ozan KAYACAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tez çalışmamda teknik destekleri, değerli fikirleri ve birikimleriyle aydınlanma yoluma ışık tutan değerli Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilimdalı Neonatoloji Bilimdalı öğretim üyeleri Sayın Prof Dr. Nuray DUMAN ve Sayın Doç.Dr. Funda TÜZÜN'e teşekkür ederim.

Hayatımın her anında sevgi ve sabırla her zaman yanımda olduğunu hissettiren, her zaman her anlamda desteklerini gördüğüm aileme teşekkür ederim.

Tez kapsamındaki deneyleri yapabilmemiz için ortam sağlayan, teknik desteklerinden dolayı Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilimdalı Neonatoloji Bilimdalı çalışanlarına teşekkür ederim.

Pınar YILMAZ

FOTOTERAPİ AMAÇLI ELEKTROTEKSTİL YÜZEY TASARIMI

ÖZ

Teknik tekstiller estetik özelliklerden ziyade, fonksiyonel özellikleriyle öne çıkan ve endüstriyel ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen ürünler olarak tanımlanmaktadır. Bu ürünler geleneksel tekstil ürünleriyle karşılaştırıldıklarında işlevselliği sebebiyle katma değeri yüksek ürünler olarak tanımlanabilir. Öte yandan günümüzde “taşınabilir olma”, birçok gereç ve uygulama için temel özelliktir ve taşınabilir sistemler birçok sektörde uygulama alanına sahiptir. Tekstil esaslı taşınabilir sistemlerin güncel örneklerinden olan “elektrotekstil uygulamaları”, teknik tekstillerin en inovatif alanlarından birini oluşturmaktadır. Elektro-tekstil ürünlere yönelik yüksek kullanım potansiyeli bulunan sektörlerin başında tıp alanı gelmektedir. Bu çalışmada “yeni doğan sarılığı” olarak bilinen ve literatürde hiperbilirubinemi olarak tanımlanan vakalara yönelik taşınabilir alternatif bir ürün geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Yenidoğan sarılığı tedavisine yönelik olarak hastane ortamlarında uygulanmakta olan yaygın tedavi yöntemlerinden biri “fototerapi”dir. Fototerapi, bebek bedeninin belli dalga boylarındaki ışığa maruz kalması biçiminde uygulanmaktadır. Günümüzde fototerapi cihazları boyutları nedeniyle tedavi süresince bebeğin hastane ortamında bulunmasına, doğumun ilk günlerinde anne-bebek iletişiminin engellenmesine ve beraberinde çeşitli sorunların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada sarılığı henüz ciddi boyutlara ulaşmamış, hastane ortamında takibi gerekmeyen ancak fototerapiyle bilirubin seviyesinin düşürülmesinin uygun olacağı olgular için tekstil esaslı ev tipi/taşınabilir fototerapi cihazı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Neonatoloji Kliniğinde gerçekleştirilen ön denemelerde olumlu sonuçlar elde edilmiş ve geliştirilen prototipin kullanımıyla bilirubin seviyelerinde düşüş sağlandığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Elektrotekstil, fototerapi, yenidoğan sarılığı

ELECTROTEXTILE SURFACE DESIGN FOR PHOTOTHERAPY

ABSTRACT

Technical textile are defined as the products that developed for industrial needs and became prominent with functional specifications rather than aesthetic characteristics. When compared to traditional textile products, these items can be also defined as high added value products due to their functionality. On the other hand, today, “being portable” is the main feature for many devices and applications, and portable systems have application possibilities in many sectors. Being an example of textile-based portable systems, “electrotextile applications”, constitute one of the most innovative areas of technical textiles. Medical industry is one of the main sectors with high potential for use in electro-textile products. The aim of this study is to develop an alternative product prototype for cases known as “newborn jaundice”, described in the literature as hyperbilirubemia.

“Phototherapy” is one of the most common treatment methods used in hospital for neonatal jaundice. Phototherapy is applied in the way that the baby body is exposed to certain wavelengths of light. Huge sizes of current phototherapy devices cause an obligation for being in the hospital during the treatment, the breakdown in mother-infant relation in the first days of birth and other related various problems. In this study; it is aimed to develop a home-type/portable phototherapy device for those who do not need phototherapy treatment in the hospital with serious jaundice conditions but for whom it would be appropriate to lower the bilirubin level with phototherapy. Positive results have been obtained in the preliminary tests that performed in Dokuz Eylül University Medical School Neonatology Clinic and decreases in bilirubin levels have been observed as a result of the developed prototype usage.

Keywords: Electrotexiles, phototherapy, neonatal jaundice

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Yeni Doğan Bebeklerde Sarılığın Tanımı	2
1.1.1 Matür Yeni Doğan Bebeklerde Sarılık	3
1.1.2 Prematüre Yeni Doğan Bebeklerde Sarılık	4
1.1.3 Yeni Doğan Bebeklerde Sarılık Tedavisi Öncesi Kontrol Edilmesi Gereken Parametreler	4
1.1.4 Yenidoğan Bebeklerde Sarılık Çeşitleri	5
1.1.4.1 Fizyolojik Sarılık	5
1.1.4.2 Patolojik Sarılık	6
1.1.4.3 Anne Sütü Sarılığı	7
1.1.4.4 Hemolitik Sarılık	8
1.1.4.5 Keknikterus	8
1.1.4.5.1 Akut Bilirubin Ensefalopisi	9
1.1.4.5.2 Kronik Bilirubin Ensefalopisi	10
1.2 Bilirubin ve Mekanizması	10
1.3 Yenidoğan Bebeklerde Tedavi Yöntemleri	13
1.3.1 Kan değişimi	13
1.3.2 Fototerapi	14
1.3.3 LED Teknolojisi	16
1.3.4 Fototerapi Tarihçesi	17

1.3.5 Fototerapi Mekanizması.....	18
1.3.5.1 Geometrik İzomerizasyon.....	20
1.3.5.2 Yapısal İzomerizasyon.....	20
1.3.5.3 Foto-oksidasyon	21
1.4 Fototerapi Tedavisine Etki Eden Faktörler	22
1.4.1 Işığın Dalga Boyu	22
1.4.2 Işığın Işınım Şiddeti.....	23
1.4.3 Işığa Maruz Kalan Bebeğin Vücut Yüzey Alanı	23
1.4.4 Işık Kaynağı ile Hasta Arasındaki Mesafe.....	23
1.5 Fototerapi Sırasında Oluşabilecek Komplikasyonlar	24
1.6 Fototerapi Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar	25
1.7 Fototerapi Cihazlarının Çeşitleri	25
1.7.1 Işık Türlerine Göre Fototerapi Cihazları.....	26
1.7.1.1 LED Teknolojisi Kullanılan Fototerapi Cihazları.....	26
1.7.1.2 Halojen Lambası Kullanılan Fototerapi Cihazları	27
1.7.1.3 Floresan Tüplü Fototerapi Cihazları	28
1.7.1.4 Fiber-optik Cihazlar	29
1.7.2 Cihaz Tiplerine Göre Fototerapi Cihazları	30
1.7.2.1 Tek Yönlü Fototerapi cihazları	30
1.7.2.2 Çift Yönlü (Kombine) Fototerapi cihazları.....	31
1.7.2.3 Ev Tipi Taşınabilir Fototerapi Cihazları	32
1.7.2.4 Ev Tipi Taşınabilir Fototerapi Cihazları	32
1.8 Evde Fototerapi Tedavisi	33
1.8.1 Evde Fototerapi Tedavisinin Özellikleri.....	33
1.8.2 Evde Fototerapi Tedavisinin Yararları	34
1.9 Araştırma Konusu ile İlgili Olarak Yapılmış Önceki Çalışmalar	35

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOT..... 40

2.1 Materyal.....	40
2.2 Metot.....	43
2.2.1 Kafes Ağlarının Yapısal Analizleri	43

2.2.2 Testin Yapılış Aşaması	44
2.2.3 Test Sonuçlarının Hesaplanması	45
BÖLÜM ÜÇ – ARAşTIRMA SONUÇLARI	48
BÖLÜM DÖRT – SONUÇ VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR.....	57



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Sağlıklı bebek görünümü ile şiddetli sarılık geçiren bebeğin görünümü arasındaki renk farkı	3
Şekil 1.2 Fizyolojik Sarılık Oluşum Mekanizması	6
Şekil 1.3 Sarılık ile keknikterus arasındaki görsel fark	10
Şekil 1.4 Bilirubin Mekanizması.....	12
Şekil 1.5 Kan değişimi işlemi	14
Şekil 1.6 Rocford General Hastanesi'nde yapılan ilk yapay ışık ile bebek aydınlatma cihazı	17
Şekil 1.7 Gün ışığının sarılık tedavisinde etkisi ile ilgili yapılan ilk gazete haberi ...	18
Şekil 1.8 Normal bilirubin dönüşüm mekanizması ile fototerapi uygulanırken bilirubin dönüşüm mekanizması	19
Şekil 1.9 Bilirubinin izomeri olan lumirubine dönüşüm reaksiyonu	21
Şekil 1.10 Mavi LED ışık altında bilirubin izomerlerinin girdiği reaksiyonlar	22
Şekil 1.11 Mavi LED ışık kaynağı ile fototerapi cihazı.....	27
Şekil 1.12 İki halojen spotlu tek yönlü fototerapi cihazı	28
Şekil 1.13 Floresan tüplü fototerapi cihazı	29
Şekil 1.14 Fiber-optik fototerapi cihazı	30
Şekil 1.15 LED lambası kullanılan tek yönlü fototerapi cihazlarının görünümü	31
Şekil 1.16 Çift yönlü (kombine) fototerapi cihazı	32
Şekil 1.17 Ev Tipi Fototerapi Cihazı	33
Şekil 1.18 1995 yılında yapılan deneylerde kullanılan fiber-optik ışık yayan ceket görünümü	35
Şekil 1.19 Bilirubimetre cihazlı ev tipi fototerapi cihazı	36
Şekil 1.20 LED lambalı ev tipi fototerapi cihazı.....	37
Şekil 2.1 Geliştirilen fototerapi prototipine yönelik görseller	42
Şekil 2.2 Santrifüj makinesi	43
Şekil 2.3 Kapiler Tüp	44
Şekil 2.4 Ölçüm numunelerinin koyulduğu kapiler tüpler.....	44
Şekil 2.5 APEL BR-5000N bilirubin ölçüm cihazı.....	45

Şekil 2.6 Ölçüm sonrası tasarlanan prototipte test edilecek kapiler tüp	46
Şekil 2.7 Kapiler tüpe tasarlanan prototipin içinde fototerapi uygulaması	47
Şekil 3.1 Deneme süresinde ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi	49
Şekil 3.2 Deneme süresinde ikinci numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi	50
Şekil 3.3 Deneme süresinde üçüncü numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi	51
Şekil 3.4 Deneme süresinde dördüncü numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi	52
Şekil 3.5 Deneme süresinde beşinci numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi	53

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Tasarlanan üründe kullanılan kumaş özellikleri	42
Tablo 3.1 Numuneye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi	48
Tablo 3.2 Fototerapi prototipi uygulama sürecinde ölçülen bilirubin değerleri	48
Tablo 3.3 İkinci numuneye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi	49
Tablo 3.4 Fototerapi prototipi uygulama sürecinde ölçülen ikinci deneme bilirubin değerleri	50
Tablo 3.5 Üçüncü numuneye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi	50
Tablo 3.6 Üçüncü deneme sonuçları	50
Tablo 3.7 Dördüncü denemeye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi	51
Tablo 3.8 Dördüncü deneme sonuçları	51
Tablo 3.9 Beşinci denemeye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi	52
Tablo 3.10 Beşinci deneme sonuçları	52

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Teknik tekstiller literatürde genel olarak görünüm ve tasarım gibi özelliklerden ziyade, kullanım alanı doğrultusunda fonksiyonel özellikleri ile öne çıkan ve ağırlıklı olarak endüstriyel ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen ürünler olarak tanımlanmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde söz konusu ürünlerin spesifik bir ihtiyacı yerine getirebilmek için özel olarak tasarlanan ve üretilen bir ürün grubu olarak nitelendirilmesi doğru olacaktır. Teknik tekstiller yüksek mukavemet, elastikiyet, kimyasallara karşı dayanıklılık, yanmazlık vb. gibi kullanım performansına yönelik temel parametreler olmak üzere uygulanmakta oldukları alana yönelik çok çeşitli fonksiyonel özellikleri bünyelerinde bulundurmaktadır.

Teknik tekstiller, günümüzde ürün çeşitliliği ve pazar hacmi açısından incelendiğinde tekstil endüstrisinin en hızlı büyüyen alanlarından biridir. Teknik tekstiller sadece kendine ait bir ekonomik hacim yaratmamış buna ilave olarak global piyasalarda birçok yeni ürünün ve endüstriyel pazarın açılmasına sebep olmuştur. Geleneksel tekstil ürünleri ile karşılaştırıldıklarında bu ürünler oldukça pahalı ve katma değeri yüksek ürünler olarak tanımlanabilir. İstenilen ihtiyaçları karşılayabilmesi, fazla ürün çeşitliliğine sahip olması, geniş kullanım alanı ve yeni ürünler ortaya koyabilme yeteneği ile birçok endüstriyel alanda yüksek oranda talep oluşturmaktadır. Ürün çeşitliliğinin fazlalığı ve kullanım alanlarının genişliği nedeniyle de son zamanlarda birçok araştırmaya yön vermektedir.

Teknik tekstil, sadece tekstil alanında değil, taşımacılık, ev uygulamaları, ambalaj, yer döşemeleri, giyim, tarım, spor, ziraat, inşaat/zemin uygulamaları, dekorasyon, çevre koruma, tıp alanlarında da etkinliğini göstermektedir. Tıp alanında, teknik tekstillerin insan sağlığını korumaya yönelik özelliklerinden faydalanarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu alanda teknik tekstil ürünlerinden beklenen özelliklerden en önemlisi anti-bakteriyel özellik kazandırılabilir olmasıdır. Bu özellik ile kötü kokulara ve mikro-organizmalara karşı dayanıklılık sağlanmaktadır. Tıpta kullanılan protez, hasta yatak örtüleri, ameliyat ipliği, eldiveni ve önlüğü gibi birçok ürün teknik tekstil

çatısı altındadır. Tıp alanında kullanılan teknik tekstiller, işlevsel kolaylık sağlamalarının yanı sıra birçok hastalığın çözümüne de destek olmaktadır.

1.1 Yeni Doğan Bebeklerde Sarılığın Tanımı

Yeni doğan bebeklerde sarılık, kanda bulunan bilirubin pigmentinin yükselmesi neticesinde skleranın (gözün beyaz kısmı) ve cildin sararması durumudur (Hansen ve Bradlid, 2012). Bilirubin pigmenti, kanımıza kırmızı rengini veren ve oksijen taşınmasını sağlayan alyuvar hücrelerinin 120 gün sonra parçalanması sonucunda oluşan sarımsı renkte maddedir. İlk oluşan bilirubin konjuge yapıda değildir ve indirekt bilirubin olarak adlandırılır. İndirekt bilirubin, suda çözünmeyen yapıdadır ve yeni doğan bebekler için vücuttan atılması zor olan zararlı bir maddedir. Bu madde, karaciğerde direkt bilirubine dönüştürülerek zararsız ve vücuttan kolay atılabilecek form haline getirilir. Direkt bilirubin, indirekt bilirubinin aksine suda eriyebilen özelliğe sahiptir. Bu sayede direkt bilirubin (konjuge olmuş) vücuttan idrar ve safra yoluyla atılabilmektedir. Fakat yeni doğan bebeklerde karaciğer fonksiyonunun tam olarak gelişmemesi sebebiyle karaciğer indirekt bilirubini direkt bilirubine tam olarak dönüştürememektedir. Bu durum, yeni doğan bebeklerde indirekt bilirubin seviyesinin artmasına ve vücudun sarı renk almasına sebep olur (Hansen ve Bradlid, 2012; Tuğgun ve diğer., 2002).

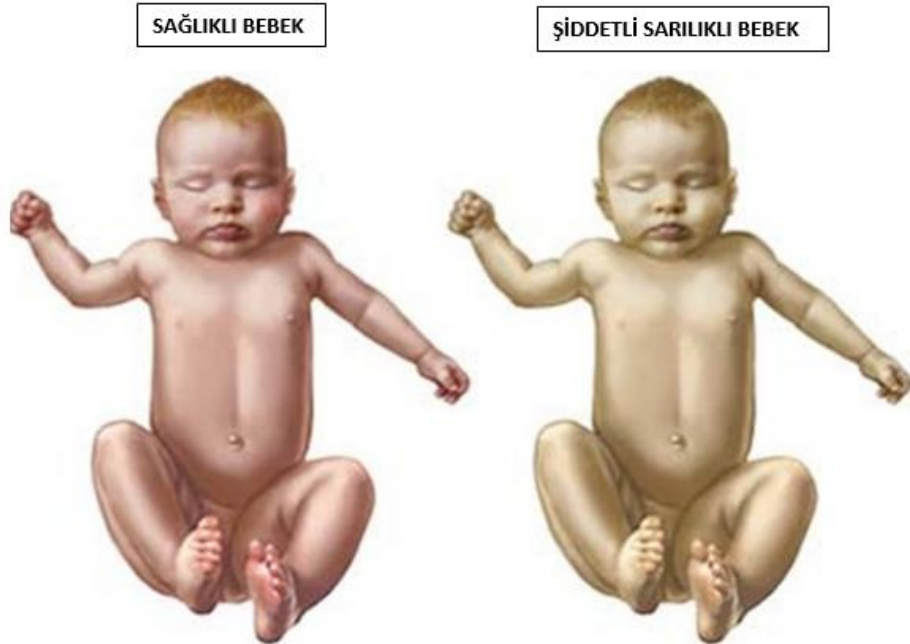
İndirekt bilirubin ve direkt bilirubinin toplamına total bilirubin adı verilir. Laboratuvar ölçüm sonuçları baz alındığında, sağlıklı bebeklerde 100 ml kanda olması gereken direkt bilirubin miktarı 0-0,3 mg/dl (miligram/desilitre), total bilirubin miktarı 0,3-1,9 mg/dl arasındadır. Bu değerler laboratuardan laboratuvara değişiklik gösterebilir. Toplam bilirubin seviyesi (TSB) 5 mg/dl'nin üzerinde ise sarılık görülmeye başlanır (Çoban ve diğer., 2014; Novo ve Welsh, 2017).

Sarılık, yeni doğan bebeklerde en sık görülen hastalıklardan biridir. Yaşamın ilk haftasında, matür (zamanında doğan) yeni doğan bebeklerde %60-70 oranında, prematür (erken doğan) yeni doğan bebeklerde %80 oranında görülen sarılığın, matür bebeklerde 1 hafta, prematüre bebeklerde iki haftadan uzun sürmesi tehlikelidir. Matür

yeni doğan bebeklerde 14. günden sonra, prematüre bebeklerde ise 21.günden sonra 10 mg/dl hiperbilirubinemi (kanda bulunan yüksek bilirubin oranı) varlığında uzamış sarılık söz konusu olur. Uzamış sarılığın nedeni çok iyi araştırılmalı ve buna göre tedavi yönteminin belirlenmesi gerekmektedir (Yiğit, 1995).

1.1.1 Matür Yeni Doğan Bebeklerde Sarılık

Hamileliğin 38. ya da 40. haftasında doğan bebekler zamanında doğan (matür) olarak adlandırılır. Matür yeni doğan bebekte, sarılık hastalığı %60-70 oranında görülür. Kanda bulunan yüksek bilirubin seviyesi, gelişmekte olan merkezi sinir sistemi için zararlı olup toksik oluşumuna neden olabilir. Bu durum matür doğan bebeklerde nörolojik bozukluğa neden olabilir. Matür yeni doğan bebeklerin %60'ından fazlası, yaşamın ilk 48-72 saatlik zaman diliminde sarılık geliştirmekte ve bu bebeklerin %5-%10'ununa hiperbilirubinemi tedavisi için müdahale gerekmektedir (Clarkson ve diğer., 1984). Sağlıklı bebek görünümü ile şiddetli sarılık geçiren bebek arasındaki renk farkı Şekil 1.1 de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Sağlıklı bebek görünümü ile şiddetli sarılık geçiren bebeğin görünümü arasındaki renk farkı (Agrawal ve diğer., 2001)

1.1.2 Prematüre Yeni Doğan Bebeklerde Sarılık

Hamileliğin 37. haftasından önce doğan bebekler erken doğan (prematüre) olarak adlandırılır. Prematüre yeni doğan bebeklerde sarılık görülme ihtimali, matür yeni doğan bebeklerde görülme ihtimalinden daha yüksektir. Prematüre bebeklerde sarılık görülme oranı %80 civarındadır (Kramer, 1969).

1.1.3 Yeni Doğan Bebeklerde Sarılık Tedavisi Öncesi Kontrol Edilmesi Gereken Parametreler

Matür yeni doğan ve prematüre yeni doğan bebeklerde, kanda bulunan bilirubin seviyesi 5mg/dl' nin üzerindeyse ve tedavi yöntemi olarak fototerapi uygulanılabırsa, bebeğin aşağıdaki tüm bilgileri kontrol edilmelidir (Stoll ve Kliegman, 2003);

- Kan grubu
- Rh tipi
- DCT (Annenin Rh (-) ya da 0 kan grubu olma durumu)
- Hemoliz (Kırmızı kan hücrelerinin yıkıma uğraması, parçalanması işlemine denir ve kanda istenmeyen durumdur)
- Retikülosit sayısı (Olgunlaşmamış ve çekirdeksiz eritrositler (alyuvar) bu şekilde adlandırılır. Eritrositler kanda yaklaşık olarak 2 gün kalarak olgun hale gelirler. Kandaki değeri %0,5 ile %2 arasındadır. Yenidoğan bebeklerde %6 oranına kadar normal kabul edilir)

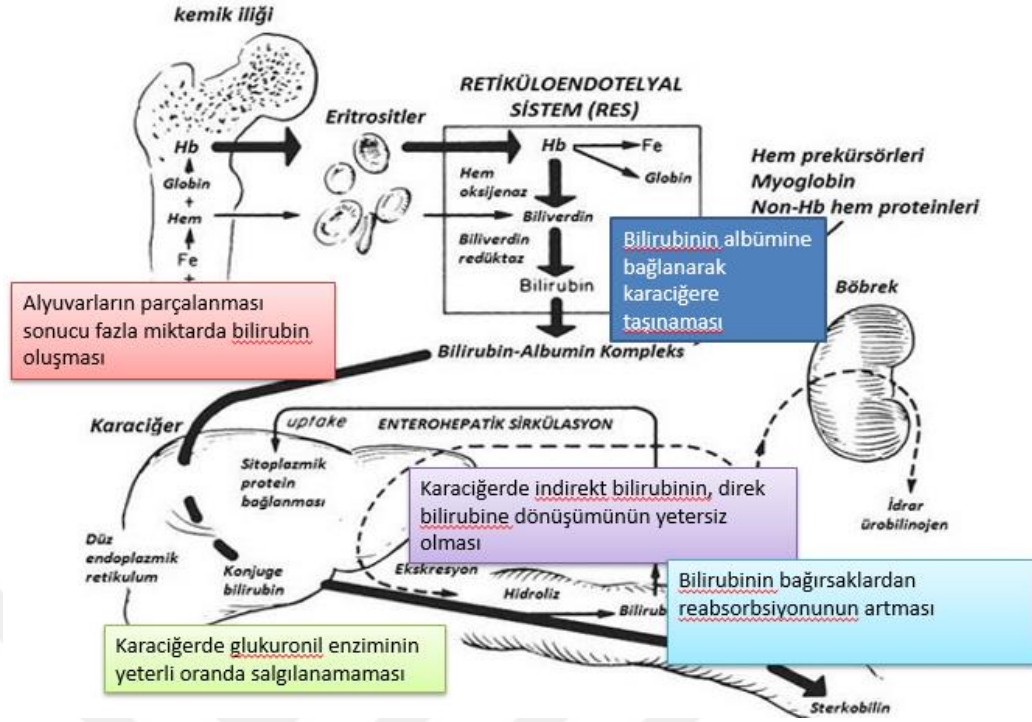
Bu bilgiler, matür ve prematüre yeni doğan bebeklerde meydana gelen sarılığın nedenini anlamamıza yardım etmektedir.

1.1.4 Yeni Doğan Bebeklerde Sarılık Çeşitleri

1.1.4.1 Fizyolojik Sarılık

Alyuvarlar hücrelerinin 120 gün sonra parçalanması ile indirekt bilirubin pigmenti meydana gelir. Konjuge olmayan indirekt bilirubin su içinde çözünme özelliğine sahip değildir. Suda çözünmeyen yapısından dolayı idrara geçmez ve safra ile atılamaz. Meydana gelen indirekt bilirubin, albümine (karaciğer tarafından salgılanan bir protein) bağlanarak dolaşım yoluyla karaciğere taşınır. Karaciğerde, glukuronil enzimi yardımı ile indirekt bilirubin, suda çözünebilir, safra ve idrar yolu ile kolaylıkla atılabilen direkt bilirubine dönüştürülür. Fakat yeni doğan bebeklerde, glukuronil enzimi karaciğerde yeteri kadar salgılanamadığı durumlarda bu dönüşüm sağlanamaz. Dönüşümün sağlanamaması, kanda konjuge olmayan bilirubin (indirekt bilirubin) birikmesine neden olur. Bunun sonucu olarak ortaya çıkan sarılık geçici olduğundan bu sarılık türü “fizyolojik sarılık” adlandırılır (Hansen ve Bradlid, 2012). Fizyolojik sarılık oluşum mekanizması Şekil 1.2 de gösterilmiştir. Fizyolojik sarılık, genellikle yaşamın 2. ve 4. günleri arasında görülür ve yaşamın 7. gününde ortadan kaybolur (Romagnoli ve diğer., 2006; Hansen ve Bradlid, 2012). Eğer 7. günden sonra devam ediyor ve 2. haftaya doğru gidiyor ise fizyolojik sarılık değildir ve nedenleri araştırılmalıdır.

Fizyolojik sarılıkta, matür yeni doğan bebeklerde, yaşamın 3. gününden itibaren toplam bilirubin seviyesi 12-15 mg/dl (arasında, preterm (erken doğan) yeni doğan bebeklerde 3-7 mg/dl arasında olmalıdır (Cashore, 2000; Volpe, 2001). Toplam bilirubin seviyesi (TSB) 15 mg/dl'nin üzerine dahi çıkabilir. Hem matür hem de preterm bebeklerde TSB seviyesi 2 mg/dl'nin altına düşmesi haftalar alabilir (Volpe, 2001).



Şekil 1.2 Fizyolojik Sarılık Oluşum Mekanizması (Mishra ve diğer., 2008)

1.1.4.2 Patolojik Sarılık

Patolojik sarılık, yeni doğan bebeklerde yaşamın ilk gününden itibaren total bilirubin seviyesinin hızla yükselmesiyle başlayan ve total bilirubin seviyesini normale döndürmek için tedavi gerektiren sarılık türüdür. İlk 24 saat içerisinde sarılık görülmesi ve total bilirubin seviyesinin hızla artış göstermesi durumu fizyolojik olmayan sarılık olarak adlandırılır (Maisels ve Gifford, 1986). Sağlıklı yeni doğan bebeklerde total bilirubin seviyesinin 0,3-1,9 mg/dl aralığında olması beklenir. Eğer total bilirubin seviyesi ilk 24 saat içerisinde hızla yükselme gösterir, 48 saat sonunda 10 mg/dl seviyesine gelir ve devam eden günlerde matür bebeklerde 12 mg/dl'nin, preterm bebeklerde 15 mg/dl'nin üzerine çıkması durumunda patolojik sarılık tanısı konulabilir (Stoll ve Kliegman, 2003). Patolojik sarılığın, fizyolojik sarılıktan en belirgin farkı, 2 hafta içerisinde kendiliğinden geçmemesi ve tedavi gerektirmesidir.

Patolojik sarılıkta, sarılığın fizyolojik olup olmadığının saptanmasıyla hızlı bir şekilde tedavi yöntemleri oluşturulabilir. Böylece gereksiz tetkik uygulamalarından

kaçınılmış olur. Patolojik sarılık tanısı konulabilmesi için gerekli belirtiler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Stoll ve Kliegman, 2003; Mishra ve diğer., 2008);

- İlk 24 saat içerisinde yeni doğan bebekte sarılık belirtilerinin oluşması
- Total bilirubin seviyesinin hızla artış göstermesi
- Kolestaz (safra atılımının bozukluğu sebebiyle direkt bilirubin yüksekliği) düşürdüren bulgular (koyu renk idrar)
- Günlük total bilirubin artışının 5 mg/dl'nin üzerinde olması
- Direkt bilirubin düzeyinin 2mg/dl'nin üzerinde olması
- Hemoliz bulgularının gözlenmesi
- Total bilirubin seviyesinin matür bebeklerde 12mg/dl'nin, pretem bebeklerde 15 mg/dl'nin üzerinde olması

gibi belirtiler patolojik sarılık tanısını kuvvetlendirir. Patolojik tanısı konulmuş bebek için tedavi yöntemleri araştırılmalıdır.

1.1.4.3 Anne Sütü Sarılığı

Yeni doğan bebeklerin kanındaki total bilirubin seviyesi, baskın olarak indirekt bilirubin (konjuge olmamış) miktarından oluşuyor ise anne sütü sarılığı tanısı konulabilir. Yaşamın ilk gününden itibaren sadece anne sütü ile beslenen yeni doğan bebeklerde, yaşamın ilk 24-72 saatlik diliminde yüksek indirekt bilirubin oranı ile ortaya çıkar, yaşamın 5. ve 15. günleri arasında maksimum seviyeye ulaşır ve yaşamın 3. haftasında ortadan kaybolan sarılık belirtileri anne sütü sarılığı varlığını güçlendirir (Schneider,1986; Yiğit ve diğer., 2001). Anne sütü sarılığı, bir tür fizyolojik sarılıktır ve tedavi gerektirmeden 3. hafta içerisinde kendiliğinden geçer. Eğer 3. hafta itibariyle sarılık geçmiyor, devam ediyor ise patolojik sarılık düzeyindedir ve tedavi süreci için araştırma yapılması gerekmektedir. Bilim adamları, anne sütü sarılığının oluşma sebebini anne sütünün kalitesine değil, bebeğin emzirilme sıklığına göre değiştiğini belirtmişlerdir. Emzirmenin sıklığı azalır ise kandaki total bilirubin varlığı artacaktır. Bu nedenle annelere sık sık aralıklarla bebeklerini emzirmeleri önerilir. Yeni doğan bebeklerin gün içinde 10-12 kez emzirmesi gerekmektedir (Gartner ve Herschel, 2001). Bebeğin kanındaki toplam bilirubin seviyesi (TSB) 20 mg/dl'yi aşmadığı sürece emzirmenin kesilmesi önerilmez (Schneider, 1986).

1.1.4.4 Hemolitik Sarılık

Rh(-) kan grubuna sahip anne ile Rh (+) kan grubuna sahip fetus arasındaki kan grubu uyumsuzluğunun bir sonucu olarak Rh hemolitik hastalığı oluşmaktadır. Anne karnındaki antikorların plasenta yoluyla fetusa geçmesi ve fetusun kanındaki kırmızı kan hücrelerini parçalaması ile oluşan hastalıktır. Hemolizin birincil belirtileri, doğumda anemi (kansızlık) ve hayatın erken döneminde oluşan indirekt bilirubin fazla üretilmesi sonucu oluşan indirekt hiperbilirubinemidir. Bu fazla üretim, eritrosit yıkımının arttığı konjenital (doğum öncesi dönemde oluşan bazı anormal gelişimlerin sonucu olarak doğum esnasında bebekte fizyolojik ve morfolojik hataların görülmesi) veya sonradan kazanılmış hemolitik anemi (alyuvarların normal ömürlerini tamamlamadan yıkıma uğrayarak kan dolaşımından uzaklaşması) nedeni ile oluşur (Ingle, 1967).

0 kan grubu içeren kadınlardan doğan bebekler sarılık açısından yakından izlenmeli ve 72 saat kontrol altında tutulduktan sonra taburcu edilmelidir. Eğer anne 0 Rh (+) kan grubuna sahip ise, bebek ile aralarında AB0 uyumsuzluğu olabilir. Genellikle AB0 uyumsuzluğu nedeniyle ilk 24 saat içinde yeni doğan bebekte sarılık ortaya çıkar (Mishra ve diğer., 2008). İlk 24 saat içinde ortaya çıkan belirgin sarılık patolojik sarılıktır. Bu nedenle tedavi yöntemleri için çalışmalar yapılmalıdır.

1.1.4.5 Kerknikterus

Yeni doğan bebeklerde bilirubin seviyesinin artması sonucu oluşan sarılığın, beyin dokusuna zarar vermesi durumudur. İndirekt bilirubin yağda çözünür, kan-beyin bariyerini aşarak beyne zarar verir ve kalıcı hasara neden olabilir (Davidson ve Thilo, 2003). Yaşamın ilk haftasında oluşan yüksek bilirubin seviyesinin beyin dokusuna zarar vermesi akut bilirubin ensefalopisi olarak adlandırılır. Bu yüksek bilirubin seviyesinin bebeğe verdiği kalıcı hasara kronik bilirubin ensefalopisi denir (Davidson ve Thilo, 2003; Bhutani, 2005).

1.1.4.5.1 Akut Bilirubin Ensefalopisi. Yeni doğan bebeklerde yüksek bilirubin seviyesinin beyne verdiği geçici hasar olarak adlandırılır. Bu hastalıkta en önemli tedavi mümkün olduğunca hızlı bir şekilde bebeğin bilirubin seviyesini azaltmaya yönelik olmalıdır. Bu hastalık 3 klinik evrede değerlendirilir.

Birinci evre, yeni doğan bebeğin ilk haftasında, uyumaya meyilli olması, emme isteksizliği, kaslarda zayıflık gibi görülen belirtilerdir. Bu belirtiler sonucu sarılık tanısı koymak zordur fakat sarılık ihtimali olduğundan detaylı olarak değerlendirilmelidir (Stanley, 1997; Çoban ve diğer., 1989). Bu evrede bebeğin tedavi süreci genellikle olumlu sonuçlanır.

İkinci evrede bebekteki belirtiler daha belirgindir. İlk haftanın sonuna doğru bebekte tiz sesle ağlama, çevredeki seslere yanıt verememe, ateş, kasılma gibi semptomlar gelişir. İkinci evrede tedavi birinci evreye göre daha zordur.

Üçüncü evre, tedavinin en zor olduğu süreçtir ve bu evrede olan bebeklerin çoğu kaybedilir. Bu evrede; bebekte kasılmalar ileri seviyeye taşınır, solunum düzensizliği oluşur, nöbet geçirmesi ve koma görülebilir (Çoban ve diğer., 1989). Bu evrede tedavi edilen bebeklerin çoğunda da hasar oluşabilir.

1.1.4.5.2 Kronik Bilirubin Ensefalopisi. Bebekte bulunan yüksek bilirubin seviyesinin kalıcı ve uzun süreli olarak beyinde yarattığı hasarlar olarak tanımlanabilir. Bu hastalıkta, işitme kaybı, hareket bozuklukları, kaslarda gevşeklik, beslenme zorluğu gibi belirtiler görülür. Yüksek bilirubin sebebi ile ortaya çıkan keknikterus tedavisinde öncelikli olarak bilirubin seviyesi azaltılmalıdır. Bu hastalığın tedavisinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, tedavi yöntemine ve dozuna karar vermektir. Bunun için, bebeğin durumuna, ağırlığına, matür ya da preterm olması dikkate alınmalı ve ona göre kan değişimi ya da fototerapi tedavisi uygulanmalıdır (Shapiro, 2005). Şekil 1.3'te keknikterus ile sarılık arasındaki fark gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Sarılık ile keknikterus arasındaki görsel fark

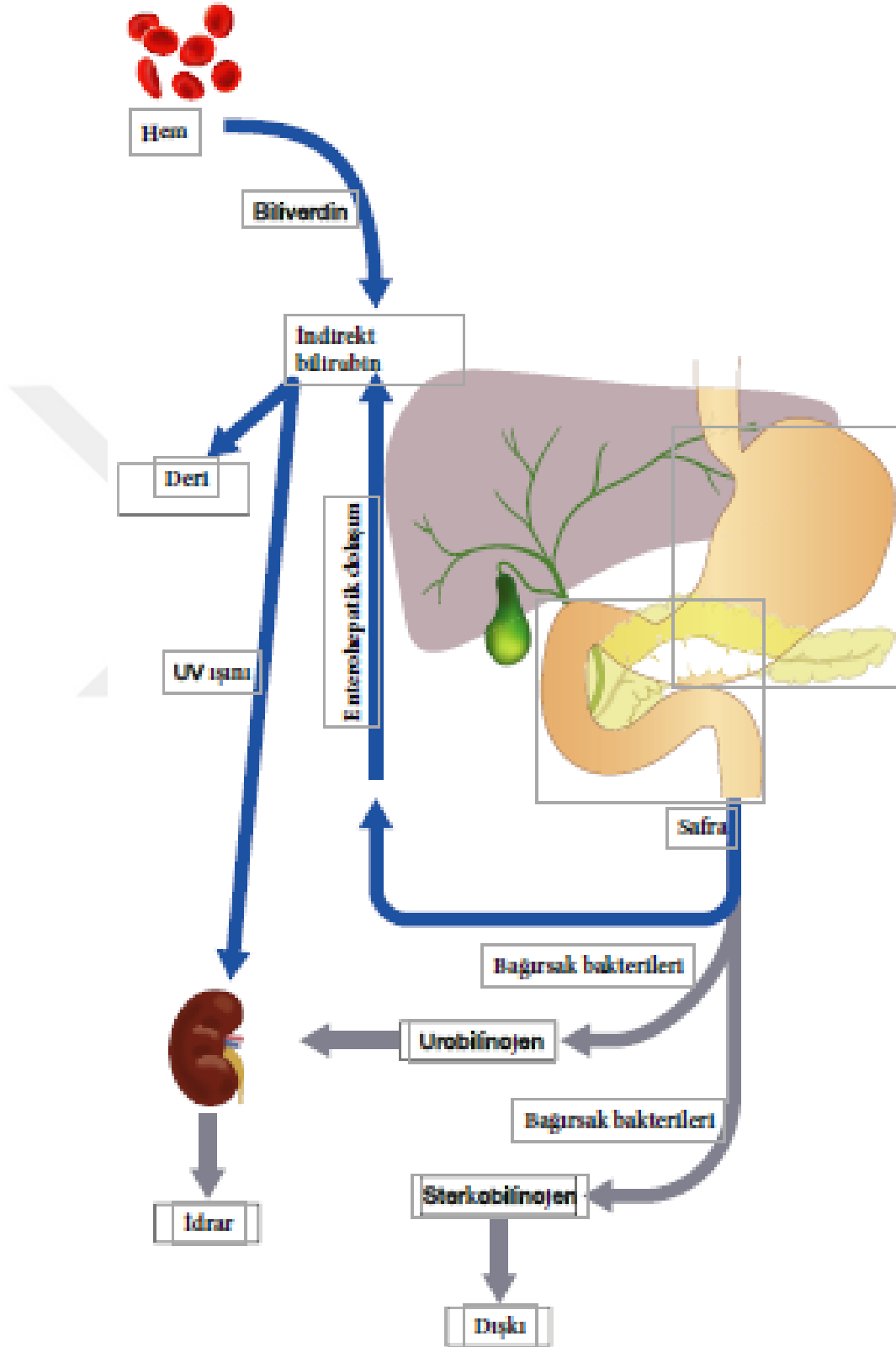
1.2 Bilirubin ve Mekanizması

Sarılık hastalığının iyi anlaşılabilmesi için, sarılığa sebep olan bilirubin pigmentinin oluşum mekanizmasının çok iyi bilinmesi gerekir. Genel bir tanım ile sarılık, vücutta fazla oranda bilirubinin üretilmesi ve temizlenmesi arasındaki dengesizlik nedeniyle

oluşur (Cashore, 2000). Bilirubin, başlıca hemoglobin gibi hemoproteinlerin yıkımı sonucu meydana gelen bir üründür. Sağlıklı insan kanında her gün eritrositlerin retikuloendotelial sistemde (RES) yani karaciğer, dalak ve kemik iliğinde parçalanmasıyla yaklaşık 6,5-7 gram kadar hemoglobin oluşmaktadır. Eritrositlerin parçalanmasıyla oluşan hemoglobin, retikuloendotelial sistemde (RES) yıkılır ve hemoglobinin hem (Hemoglobinin oksijen bağlayan, proteinsiz ve kana kırmızı rengi veren demirli pigmenti) kısmından bilirubin oluşur (Novo ve Welsh, 2017; Cashore, 2000).

Bilirubinün %75'i dolaşımdaki eritrositlerin (alyuvar) yıkımından, %25'i ise yetersiz alyuvar yapımı ile myoglobin, sitokrom, katalaz, siklooksijenaz, guanilsiklaz, nitrik oksit sentaz ve peroksidaz gibi diğer hemoproteinlerin yıkımından meydana gelir. Retikuloendotelial sistemde toplanan ve parçalanan eritrositlerden önce globin zincirleri ayrılır. Daha sonra hem, hem-oksijenaz enzimi aracılığıyla biliverdine oksitlenir. Bu reaksiyon sırasında hem halkasındaki x-karbon atomu ayrılır ve karbonmonoksit (CO) olarak akciğerden atılır (Novo ve Welsh, 2017; Dağoğlu ve Ovalı, 2008). Bu reaksiyon sonucu oluşan biliverdin redüktaz enzimi aracılığıyla indirekt bilirubine (konjuge olmayan) dönüşür. İndirekt bilirubin intramoleküler hidrojen bağları nedeniyle suda erimeyen bir yapıya sahiptir. Bu nedenle indirekt bilirubin plazmada çözünemez ve dolaşımda albümine bağlanarak karaciğere taşınır (Gilmore ve Garvey, 2008). Bir albümin molekülüne 2 bilirubin molekülü bağlanır. Albümin ile karaciğere taşınan bilirubin, karaciğerin hücre yüzeyinde albüminden ayrılır. Daha sonra Y ve Z proteinleri tarafından taşınarak endoplazmik redikulum'a taşınır. Burada, bilirubin glukuronil transfereaz enzimi aracılığıyla glukronik asit ile konjuge yapıda olan direkt bilirubine dönüştürülür. Direkt bilirubin suda çözünebilir özelliğe sahiptir ve safra tarafından alınır. Direkt bilirubin safra yoluyla bağırsağa geçer ve bağırsak tarafından absorbe edilemez (Demirsoy, 2008). Bağırsağa gelen direkt bilirubin bağırsak duvarında enterik mukozal beta-glukuronidaz enzimi aracılığıyla tekrar indirekt bilirubine dönüştürülür. Bağırsakta oluşan indirekt bilirubin enterohepatik dolaşımı ile tekrar karaciğere taşınır. Bağırsakta kalan direkt bilirubin bazı bakteriler tarafından sterkobilin (bakteriler tarafından tekrar emilemeyen yapı) ve

ürobilinojene dönüştürülerek idrar ile atılır (Gilmore ve Garvey, 2008; Cashore, 2000).
Şekil 1.4' te bilirubin mekanizması detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4 Bilirubin Mekanizması (Gilmore ve Garvey, 2008)

1.3 Yenidoğan Bebeklerde Tedavi Yöntemleri

Kanda total bilirubin seviyesinin fazla oranda yükselmesi (hiperbilirünemi), bebeklerde beynin zarar görmesine neden olabilir. Hiperbilirubineminin neden olabileceği riskli durumların önceden belirlenmesi, erken tanı ve uygulanılacak tedavi yöntemleri için yol gösterici olur.

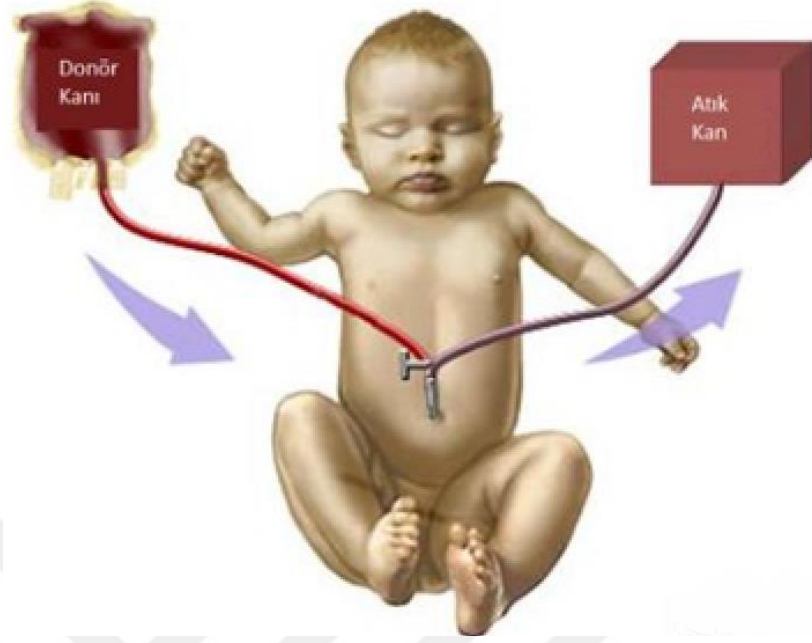
Sarılık tedavisinde kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir;

1. Kan değişimi
2. Fototerapi
3. Farmatolojik alanlar

1.3.1 Kan Değişimi

Sarılıklı bebeklerde tedavi yönteminin belirlenebilmesi için bebekler yakından takip edilmelidir. Tedavi yöntemi olarak kan değişimine karar verilirken, kanda bulunan bilirubin seviyesine bakılmalıdır. Kandaki bilirubin seviyesi 20-25 mg üzerine çıktığı takdirde, yüksek bilirubinün bebeğin beynine zarar verme seviyesine gelmemesi için kan değişimi yapılması önerilir (Demirsoy, 2008).

Kan değişimi bilirubini mekanik olarak vücuttan uzaklaştıran acil bir tedavi yöntemidir. Bu tedavi yönteminde bebeğin vücudundan, yüksek bilirubin seviyesine sahip olan kan uzaklaştırılırken, temiz kan vücuda verilir. Kan değişiminde amaç; indirekt bilirubin konsantrasyonunun sinir sistemi üzerinde zararlı etkisi olan zehirli maddelerin oluşmasını engellemektir (Çoban ve diğer., 2014). Şekil 1.5'te görsel olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.5 Kan değişimi işlemi (Kişisel arşiv, 2019)

1.3.2 Fototerapi

Fototerapi, yeni doğan bebeklerde serum bilirubin seviyesinin yükselmesi ile oluşan sarılığın geçmesi için belli dalga boylarındaki ışığın kullanılması sonucu, indirekt bilirubin, farklı kimyasal reaksiyonlarla suda çözünebilen formlara dönüştürülmesi prensibi ile çalışan tedavi yöntemidir (Vreman ve diğer., 2004). Fototerapi tedavisinde, indirekt bilirubin üç farklı kimyasal reaksiyona girer. Bu kimyasal reaksiyonlar sonucunda, indirekt bilirubin suda çözünebilen forma dönüştürülür. Bu sayede karaciğerde tekrar dönüşüm yapılmasına gerek kalmadan, indirekt bilirubin safra ve idrar yoluyla vücuttan atılır (Bhutani, 2011; Vreman ve diğer., 2004).

Fototerapi tedavisine başlama kararı, serum bilirubin seviyesinin artış hızı, bebeğin doğum ağırlığı, total bilirubin seviyesi, postnatal (doğum sonrası dönem) yaşı, gebelik haftası ve risk durumuna göre verilir. Fototerapi, kan değişimi yöntemine olan ihtiyacı azaltmaya yardımcı olur fakat kan değişimi yerine kullanılmaz.

Fototerapi cihazları, gün ışığı, beyaz veya mavi gibi çeşitli ışık kaynaklarını kullanılarak sağlanan flüoresan ampullerden oluşmaktadır (Maisels ve diğer., 2008). Mavi flüoresan ampüllerin spektral çıktısı, bilirubinün absorpsiyon spektrumuyla uyumludur. Fototerapi tedavisinde en sık kullanılan ışık kaynakları; floresan tüpler, halojen spotlar ve fiber-optik ışık düzenekleridir. Ancak; bu tip fototerapi cihazları yeterince etkili olmamakla birlikte yüksek ısı üretimi ve sınırlı yüzey alanı gibi dezavantajları vardır. Dünya çapında kullanılan mavi ışıklı flüoresan fototerapi üniteleri, indirekt bilirubin pigmentini safra ve idrar yolu ile atılabilecek ürünlere dönüştürmek için tek tip ışın olarak kullanılır (Yılmaz ve diğer., 2001). Mavi ışıklı floresan fototerapi (CFP) için ışık dozu, 430-490 nm bandında tipik olarak 8-10 microwatts/cm²/nm dir (American Academy of Pediatrics, 2004).

Son zamanlarda, yüksek yoğunluklu galyum nitrür ışık yayan diyotlar (LED) geliştirilmiş ve mevcut olan tüm fototerapi cihazlarına kıyasla önemli ölçüde avantaj sağlamışlardır (Tan, 1982; Maisels, 2001). LED ışık kaynağı, bilirubin yıkımının en yüksek spektrumunu kapsayan, yüksek yoğunluklu dar bir mavi ışık bandı yayar ve bu da potansiyel olarak tedavi sürelerinin kısaltmasını sağlar. Mavi ışık yayan diyotlara (LED) dayalı fototerapi cihazları, uzun ampul ömrü, düşük ısı üretimi ve düşük maliyet gibi çeşitli avantajlar sunar (Türk Neonatoloji Derneği Tanı ve Tedavi Protokolleri, 2012). Son zamanlarda indirekt bilirubinün parçalanarak suda çözünen konjuge yapıya dönüştürülmesinde; LED cihazının, ticari olarak kullanılan flüoresan tüpler içeren fototerapi cihazı ile etkisini karşılaştırıldığında çoğu çalışma LED ışıklı fototerapi cihazlarının, CFP kadar etkili olduğunu göstermiştir (Karagöl ve diğer., 2007; Maisels,2001). Fototerapide kullanılan ışığın dalga boyunun 460 ± 10 nm olması, fototerapi işleminden en yüksek verimliliğin elde edilmesini sağlar. Bilirubin tarafından en çok absorbe edilen ışınlar 450 nm dalga boyundaki mavi fotonlardır. Güneş ışığı 550-600 nm dalga boyuna sahiptir ve sarılık üzerinde etkisi en az olan ışıktır. Mavi ışığın ardından en etkili ışık yeşil ışıktır ve 525nm dalga boyuna sahiptir. Bu nedenle son zamanlarda LED teknolojisi, fototerapi cihazları için önem kazanmıştır (Canbulat ve Demirgöz, 2009).

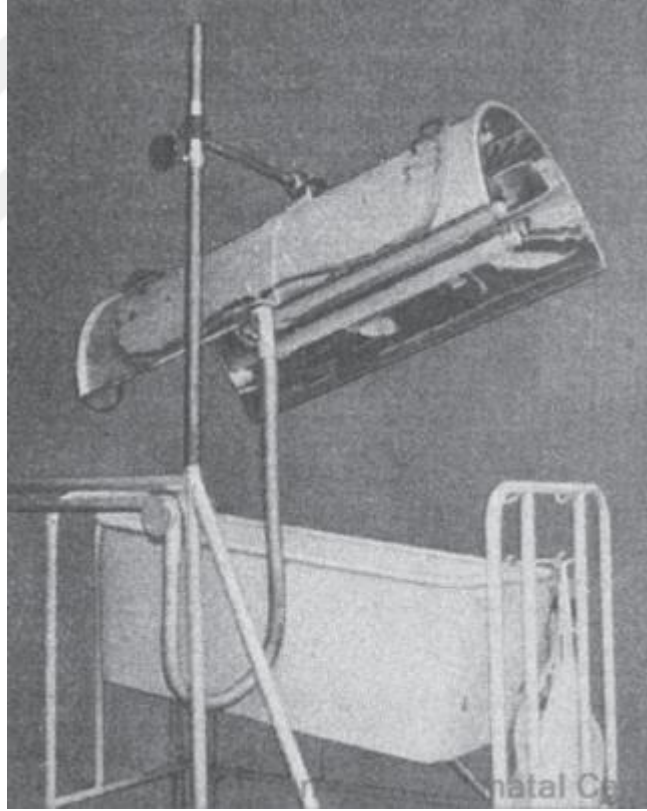
1.3.3 LED Teknolojisi

LED teknolojisi son zamanlarda birçok araştırmanın ana konusu haline gelmiştir. Yapılan çalışmalar ile LED teknolojisi fototerapi için önemli ölçüde değer kazanmıştır. Mavi LED lambaları kullanılarak yapılan uygulamalar farklılık yaratmış ve fototerapi cihazlarında kullanılan diğer ışık kaynakları ile eşit derecede etkili bulunmuştur (Stakowski, 2011). LED lambaları uzun ömürlüdür (50.000 saate kadar) ve ısı üretmezler. Isı üretmedikleri için, LED lambaları kullanılan cihazlarda ısı kontrolü daha kolay sağlanabilir. LED ışık kaynaklarında, standart ışık kaynaklarına göre elektrik enerjisi ışık enerjisine daha verimli bir şekilde dönüştürülür ve böylece daha fazla verimlilik elde edilir. Özellikle, mavi ışık yayan LED lambaları, bilirubin absorpsiyon spektrumunun tepe noktasıyla örtüşen yüksek yoğunluklu, dar spektrumlu ışık yayar. LED'lerin tepe dalga boyları seçilebildiği için, bu ışık kaynağı, bilirubin ışııl parçalanması için idealdir. İn vitro ve in vivo deneyler, bu ışık kaynağının etkinliğinin halojen veya flüoresan kaynaklar ile eşleştğinde güvenlik avantajları olduğunu ortaya koymuştur. LED teknolojisiyle, 100 microwatts/cm²/nm e kadar dar bilirubine özgü bant spektral ışınlamaları sağlama yeteneği teknik olarak mümkündür (Demirsoy, 2008).

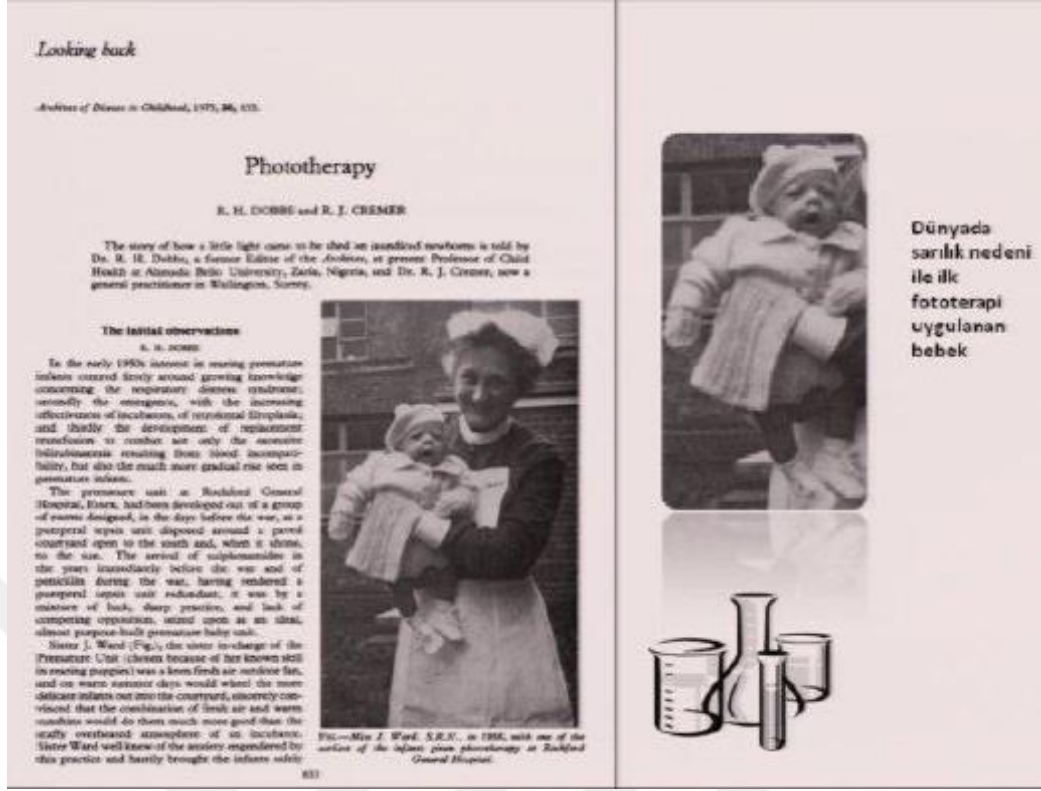
Yüksek yoğunluklu galyum nitrat LED'ler içeren, yarı iletken fototerapi cihazları, geleneksel ışık kaynakları içeren fototerapi cihazlarına göre birçok avantaja sahiptir. LED lambaları, IR ışınımını az yayması ya da UR ışınımı yaymadığı için fototerapi cihazının içine konulan bebeğe daha yakın mesafede konumlandırılabilir. Kontak cihazı olarak kullanıldığında, hemşireye herhangi bir yan etkisi bulunmamaktadır (Vreman ve diğer., 2004; Stakowski, 2011). LED ışık kaynağı, silikon devrelere monte edilebilir. Bu sayede kıvrılabilir ve rahat bir kullanım avantajı sağlar. LED ışık kaynaklarının, kullanım avantajı sağlaması nedeni ile LED ışık kullanılan fototerapi cihazları, battaniyelere, sargılara veya hatta giysilere dönüştürülebilir.

1.3.4 Fototerapi Tarihçesi

Fototerapi, ilk olarak 1956 yılında İngiltere’de Rochford General Hastanesi’nde erken doğum ünitesinde görevli olan hemşire J. Ward tarafından tesadüfen bulunmuştur. Prematüre servisindeki bebekleri açık havada dışarıya çıkarması sonucunda güneşe maruz kalan bebeklerin, vücutlarında güneş ışınları ile temas eden yerlerde sarılığın azaldığını, o bölgelerde düzelme meydana geldiğini fark eder (Dobbs ve Cremer, 1975; Canbulat ve Demirgöz, 2009; Yurdakök, 1995). J. Ward keşfettiği bu durumu doktoruna anlatır ve ilk deneysel çalışma olarak Rocford General Hastanesi’nde Şekil 1.6’da görülen yapay ışık ile bebek aydınlatma cihazı yapılır (Yurdakök, 1995). Bu konu ile ilgili yapılan ilk gazete haberi Şekil 1.7’de gösterilmiştir.



Şekil 1.6 Rocford General Hastanesi’nde yapılan ilk yapay ışık ile bebek aydınlatma cihazı (Stokowski, 2011)



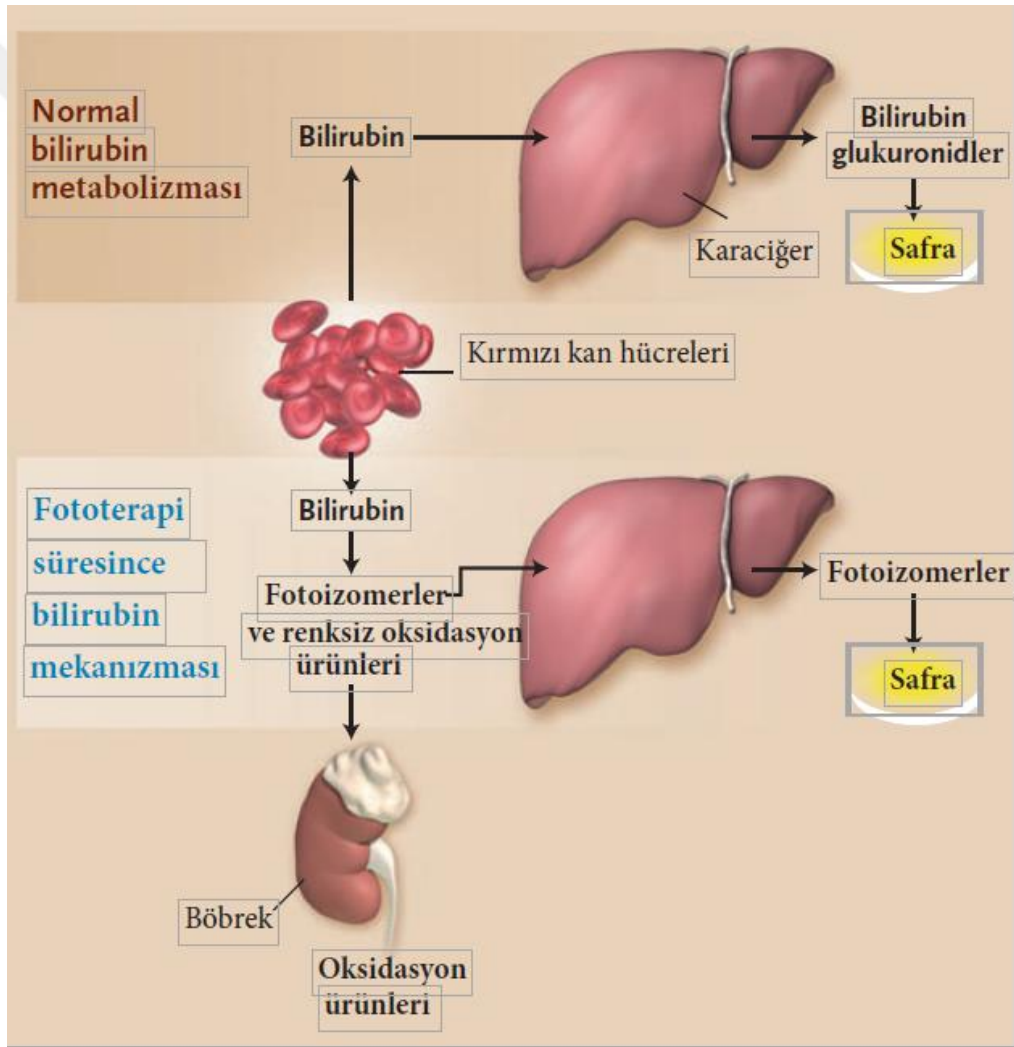
Şekil 1.7 Gün ışığının sarılık tedavisinde etkisi ile ilgili yapılan ilk gazete haberi (Stokowski, 2011)

Bu konudaki ilk tıbbi yayın Cremer ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Cremer ve arkadaşları sarılıklı bebeklerden kan değişimi öncesinde aldıkları kan örneğini, güneş ışığı alan bir yere beklemek üzere bırakırlar. Bekleme süresi sonucunda güneş ışınlarının kandaki bilirubin düzeyini önemli derecede azalttığını görünce, ışığın bilirubini azaltma yönünde etkisi olduğu düşünülerek yeni doğan bebekte sarılık tedavisi için ilk defa fototerapiyi kullanmaya başlarlar (Cremer ve diğer., 1958). Fototerapi yaygın olarak, 1968 yılında Lucey ve arkadaşları tarafından fototerapi tedavisinin etkinliğini ve güvenliği konusunda yayın yapıldıktan sonra kullanılmaya başlanmıştır (Lucey ve diğer., 1968).

1.3.5 Fototerapi Mekanizması

Fototerapi, bilirubin pigmentinin şeklini ve yapısını değiştirmek için ışık enerjisini kullanan ve bilirubin pigmentini foto-izomerlere dönüştürerek karaciğerde konjugasyon işlemine gerek kalmadan vücut dışına atılımını sağlayan bir çalışma mekanizmasına sahiptir. (Maisels ve diğer., 2008) Yeni doğan bebeklerde bilirubin,

kırmızı kan hücrelerinin parçalanması sonucunda oluşan, suda çözünmeyen yapıda bir pigmenttir. Bu pigment, kanda albümin aracılığı ile karaciğere taşınır. Karaciğer tarafından alındıktan sonra, enzimler yardımıyla suda çözünebilir glukuronidlere dönüştürülür. Glukuronid, suda çözünebilir özelliği nedeniyle safraya gelir ve safra aracılığı ile vücuttan atılır. Fototerapi etki mekanizmasında, bilirubin foto-izomerlere ve renksiz oksidasyon ürünlerine dönüştürülür. Bu dönüşüm sonrasında foto-izomerler safra ile, oksidasyon ürünleri idrar yoluyla vücuttan atılır (Hansen, 2010). Şekil 1.8’de normal bilirubin dönüşüm mekanizması ile fototerapi uygulanırken bilirubin dönüşüm mekanizmasını gösterilmektedir.



Şekil 1.8 Normal bilirubin dönüşüm mekanizması ile fototerapi uygulanırken bilirubin dönüşüm mekanizması (Maisels ve diğer., 2008)

Fototerapi mekanizması, 3 farklı reaksiyona dayanır. Bu reaksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

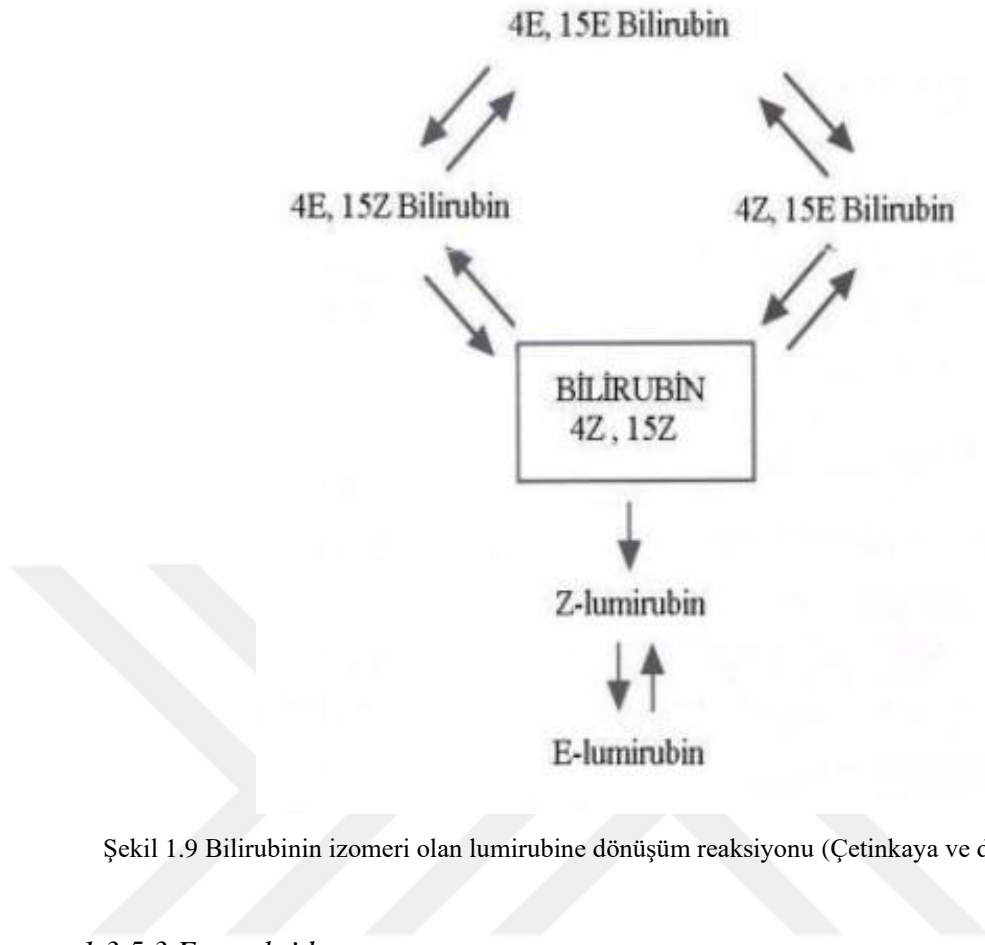
1. Geometrik İzomerizasyon
2. Yapısal İzomerizasyon
3. Foto-oksidasyon

1.3.5.1 Geometrik İzomerizasyon

Fototerapi tedavisi uygulanmadan önce, bilirubin pigmenti, konjuge olmamış ve suda çözünmeyen 4Z,15Z izomer yapısındadır. Fototerapi işlemi sırasında, bilirubinin ışığı absorbe etmesiyle, üç E izomeri (4E,15Z; 4Z,15E; 4E,15E) oluşur (Alpay ve diğer., 2004). Tepkime sonucu oluşan bu izomerler suda çözünebilen yapıdadır ve karaciğerde konjugasyon işlemi uygulanmasına gerek kalmadan vücuttan atılır. Bu izomer fototerapi işlemi kesildikten sonra eski haline geri dönebilirler. Bu nedenle, geometrik izomerizasyon sonrası indirekt bilirubin (konjuge olmamış yapı) seviyesi artabilir ve sarılık tekrar görülebilir. Geometrik izomerizasyon, Fototerapi işlemi sonrasında, en hızlı gelişen ve en sık meydana gelen kimyasal reaksiyondur. Fakat bu reaksiyon sonucu oluşan izomerlerin kanda yarılanma süresi 15 saattir. Bu nedenle, serum bilirubin miktarını esas azaltan reaksiyon olarak baz alınmaz (Çetinkaya ve diğer., 2006; Vogl, 1974; Alpay ve diğer., 2004).

1.3.5.2 Yapısal İzomerizasyon

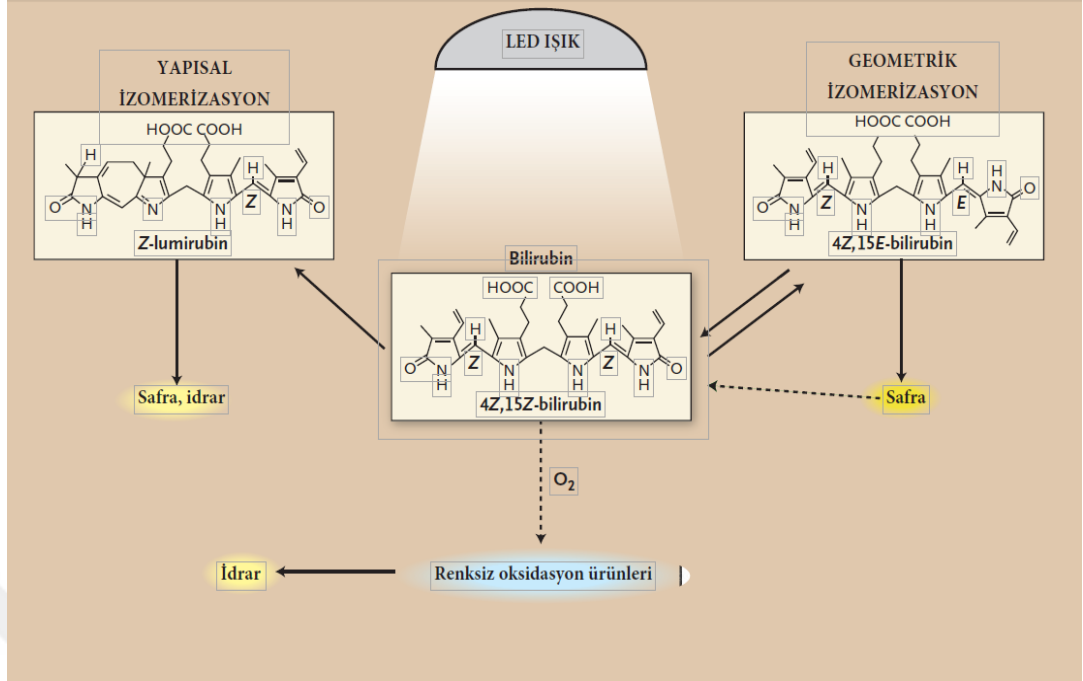
Yapısal izomerizasyon reaksiyonunda, indirekt bilirubini izomeri olan lumirubin'e dönüştürülür. Lumirubin, suda çözünebilen bir yapıda olduğu için safra ve idrar yoluyla vücuttan atılır. Bu reaksiyon yavaş ve geri dönüşümsüzdür. Fototerapi tedavisi kesildiğinde, lumirubin bilirubin yapıya geri dönemez. Lumirubinin kanda yarılanma süresi 2 saattir. Bu nedenle serum bilirubin düzeyindeki azalmayı esas sağlayan reaksiyon budur. Şekil 1.9'da bilirubinin izomeri olan lumirubine dönüşüm reaksiyonu gösterilmiştir (Maisels ve diğer., 2008).



Şekil 1.9 Bilirubinin izomeri olan lumirubine dönüşüm reaksiyonu (Çetinkaya ve diğer., 2006)

1.3.5.3 Foto-oksidasyon

Bu reaksiyonda bilirubin parçalanarak, renksiz küçük polar ürünler (dipiroller, monopiroller) oluşturulur. Bu reaksiyon üçüncü bir tepkime de olsa bilirubinin parçalanması üzerindeki etkisi çok azdır (Çetinkaya ve diğer., 2006; McDonagh, 1986). Şekil 1.10' da mavi LED ışık altında bilirubin izomerlerinin girdiği reaksiyonlar detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.10 Mavi LED ışık altında bilirubin izomerlerinin girdiği reaksiyonlar (Maisels ve diğer., 2008)

1.4 Fototerapi Tedavisine Etki Eden Faktörler

Fototerapi etki mekanizması üzerinde dört faktör büyük etkiye sahiptir. Bu faktörler fototerapi tedavi sırasında mutlaka dikkate alınmalıdır.

1. Işığın dalga boyu
2. Işığın ışınım şiddeti
3. Işığa maruz kalan bebeğin vücut yüzey alanı
4. Işık kaynağı ile hasta arasındaki mesafe

1.4.1 Işığın Dalga Boyu

Bilirubinün absorbe ettiği ışık 460 nm dalga boyundaki mavi ışıktır. Sarılık olan yeni doğan bebeklerde fototerapi, cildin ışığa ne kadar maruz kaldığı ile ilgili doğrudan orantılıdır (Tan, 1982). Mavi ışık, bebeğin vücuduna ne kadar nüfuz ediyor ise, bilirubin moleküllerine o kadar ulaşabilir. Bilirubine maksimum etki edecek dalga boyu 460-490 nm arasındadır (Tan, 1982; Vreman ve diğer., 2004).

1.4.2 Işığın Işınım Şiddeti

Işınım, ışık yoğunluğuna maruz kalan vücut yüzeyinin, 1 cm² başına iletilen fotonların sayısıdır (Vreman ve diğer., 2004). Verilen ışık şiddeti fototerapinin etkinliğini belirler; ışınım şiddeti ne kadar yüksek olursa, total bilirubin seviyesindeki düşüş de o kadar hızlı olur. Işık kaynağı bebeğe ne kadar yakın olursa, ışınım derecesi o kadar yükselir (Tan, 1982; Vreman ve diğer., 2004; Demirsoy, 2008).

1.4.3 Işığa Maruz Kalan Bebeğin Vücut Yüzey Alanı

Fototerapinin etkinliğin artabilmesi için, verilen ışığın bebeğin tüm yüzeyine nüfuz etmesi gerekmektedir. Işığa maruz kalan vücut yüzey alanı ne kadar fazla olursa, total bilirubin seviyesinde azalma o kadar hızlı olur (Dağoğlu ve Ovalı, 2000; Demirsoy, 2008; Stokowski, 2011). Işığın temas edeceği tüm vücut yüzey alanını arttırmak için hem alt hem de üste bölgesine çift taraflı ışık kaynakları yerleştirilir. Çift fototerapi yöntemi etki alanının genişlemesi nedeniyle daha etkili bir yöntemdir. Yeni doğan bebeğe hem alttan hem de üstten fototerapi uygulamak toplam vücut yüzeyinin %30'una yeterli fototerapi verilmesini sağlar. Kullanılan ışık türü, nüfuz edilen vücut yüzey alanı miktarını değiştirebilmektedir. Vücut yüzeyine yeterli miktarda ışık verebilmek için fototerapi esnasında birden fazla cihaz kullanılabilir (Vreman ve diğer., 2004).

1.4.4 Işık Kaynağı ile Hasta Arasındaki Mesafe

Işık yoğunluğu, ışık ile vücut yüzeyi arasındaki mesafe ile ters orantılıdır. Işınım düzeyini arttırabilmek için ışık, bebeğe yaklaştırılmaktadır. Ama bu yaklaştırma her fototerapi ünitesinde gerçekleştirilemez. Kullanılan ışık türü baz alınarak ışığın bebeğe yaklaştırılması gerekmektedir. Yaygın olarak kullanılan halojen lambalı fototerapi cihazlarında, yanık riski oluşabilmektedir. Bu nedenle, bu fototerapi cihazı kullanılacak ise bebek ile ışık kaynağı arasında 35-40cm mesafe bırakılmalıdır (American Academy of Pediatrics, 2004). Halojen fototerapi lambaları kullanılan fototerapi cihazı ile bebek arasında 35-40cm mesafe bırakılmalıdır (Barrington ve

Sankaran, 2007; Vreman ve diğer., 2004). Mavi LED lambalı fototerapi cihazı kullanılacak ise, bebeğe 10-15cm kadar yaklaştırılabilir (Türk Neonatoloji Derneği, 2014).

1.5 Fototerapi Sırasında Oluşabilecek Komplikasyonlar

Fototerapi sırasında bazı komplikasyonlar oluşabilir. Bu komplikasyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Bronz bebek sendromu görülebilir. Bu sendromun sebebi direk bilirubin düzeyinin yüksek olmasıdır. Fototerapi kesildikten sonra normale dönüş gerçekteşir (Luca ve diğer., 2010).
2. Yeni doğan bebekler fototerapi cihazlarının içine konulurken, gözleri mutlaka göz bandı ile kapatılarak konulmalıdırlar. Aksi halde bebeklerinde gözlerinde retina hasar oluşabilmektedir (Halomek ve Stevenson, 1997)
3. Fototerapi sırasında sık görülen komplikasyonlardan bir diğeri de bebeklerde sıvı kaybı artmasıdır. Bebekler, yeni doğan dışkıları da denen hafif yeşilimsi renkte dışkı yapabilmektedir (Luca ve diğer., 2010).
4. Fototerapi sebebiyle ciltte deri döküntüleri oluşabilir ve bu durum fototerapi bittikten sonra düzelir. Bu aşamada ısı kontrolü, düzenli beslenme çok önemlidir (American Academy of Pediatrics, 2004).
5. Hipertermi, fototerapi esnasında sıklıkla görülmektedir (Canbulat ve Demirgöz, 2009).
6. İdrarda kalsiyumun artmasına bağlı olarak preterm bebeklerde hipokalsemi görülebilir (Türk Neonatoloji Derneği, 2014).
7. Anne ve bebek arasında temas zorlaşır
8. Bebeklerin gözlerinin kapanmasının ailelerde rahatsızlık oluşurmaktadır.

1.6 Fototerapi Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

Fototerapi sırasında dikkat edilmesi gereken durumlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Bebeklerin gözleri göz maskesi ile kapatılırken burun deliklerinin kapatılmamasına çok dikkat edilmelidir (Pezzati ve diğer., 2002).

2. Sarılık olan yeni doğan bebeklerin aileleri fototerapi uygulaması konusunda detaylı olarak bilgilendirilmelidir.

3. Bebeğin vücut ısısı 2 saatte bir ölçülmelidir.

4. Sarılık olan yeni doğan bebek eğer küvoz içinde tedavi alıyor ise, küvozün içinin çok ısınmasını engellemek için küvoz ile fototerapi cihazı ile arasına 8 cm lik boşluk kalmalıdır.

5. Fototerapi alan bebeklerde bilirubin seviyesi en az 12 saatte bir ölçülmelidir. Göz ile tahmin sağlıklı değildir.

6. Fototerapi gören bebekte sıvı takibi çok önemlidir. Bebeğin vücuduna giren ve çıkan sıvı takibi 3 saat aralıklar ile yapılmalıdır (Neyzi ve Ertuğrul, 2002).

7. Fototerapi gören bebek olası sıvı kayıplarını kontrol edebilmek için her gün tartılmalıdır.

8. Fototerapi gören bebeğin normalden daha fazla sıvı ihtiyacı olmaktadır. Sıvı alımına çok dikkat edilmelidir.

9. Bebeğin dışkıları kontrol edilmelidir, yeşilimsi renk alması bilirubin parçalanıyor olduğunu göstermektedir. Ama gözle tayin edilmemeli, bilirubin ölçümü mutlaka yapılmalıdır.

10. Bebeğin gözlerinin kapandığından, gözlerine ışık girişi olmadığından mutlaka emin olunmalıdır. Aynı zamanda genital bölgesinde kapanmış olmalıdır (Savaşer, 2002; Küçükhöyük, 1994; Canbulat ve Demirgöz, 2009).

1.7 Fototerapi Cihazlarının Çeşitleri

Fototerapi cihazları, zaman içerisinde farklı varyasyonlar ile karşımıza çıkmaktadır. Boyutları, kullanılan ışık türü, fototerapi türü gibi özellikleri ile birbirlerinden farklılık gösterebilirler. Bunun yanı sıra fototerapi cihazlarını geliştirmek için zaman içerisinde

çeşitli denemeler yapılmıştır. Bu denemeler ışığında günümüzde de kullanılan çeşitli fototerapi cihazları ortaya konulmuştur.

1.7.1 Işık Türlerine Göre Fototerapi Cihazları

Yeni doğan fototerapisinde, çeşitli ışık kaynakları ticari olarak kullanılabilir. Her ışık kaynağının avantajları ve dezavantajları vardır. Bu farklılıklar, fototerapinin klinik etkilerini değiştirebilir. Fototerapinin etkinliği, kullanılan ışık kaynağının türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

1.7.1.1 LED Teknolojisi Kullanılan Fototerapi Cihazları

LED kullanımı, yeni doğan fototerapisinde en yeni ve en zararsız yöntemlerden biridir. LED'ler, verimli, uzun ömürlü ve düşük maliyetlidir. LED, diğer ışık kaynaklarından ayıran en önemli özellik, mavi ışık spektrumunda ısı üretimi olmadan aydınlatma sağlayabilmesidir. LED kullanılan fototerapi cihazı Şekil 1.11'de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi cihazın alt kısmına, farklı noktalara nüfuz edecek şekilde LED ışık yerleştirilmiştir. Bebekler, cihazın içine, ışıktan zarar görmemeleri için gözleri ve genital bölgeleri kapalı olarak konulur. Cihazın üst kısmından ışık desteği sağlanmadığı için, gün içinde bebeğin ön tarafının da ışık alabilmesi için bebeğin çevrilmesi gerekmektedir (Vreman ve diğer., 2004). Cihaz boyutu nedeniyle küvez içine konularak, bebek odalarında anne yanında kullanılabilir. Günümüzde hastaneler de aktif olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1.11 Mavi LED ışık kaynağı ile fototerapi cihazı (Vreman ve diğer., 2004)

1.7.1.2 Halojen Lambası Kullanılan Fototerapi Cihazları

Halojen ışık kaynakları, bir veya daha fazla lamba kullanarak fototerapi sağlar. Halojen ışık kaynakları ile yeterli bir ışınım elde etmek mümkündür. Fakat tek bir lamba ile tasarlanan cihazlar, yalnızca merkezde yüksek ışınımına sahip bir ışık çemberi oluşturur (Romagnoli, 2006). Halojen lambalar ısı ürettiği için, cihazda bebeğe olan mesafesi çok önemlidir, mutlaka uygun standartlarda olması gerekmektedir. Halojen ışık kaynağı, cihazda bebekten uzakta bir ışık kutusunun içinde bulunur ve böylece

daha soğuk bir ışık oluşumu sağlanır (Hart ve Cameron, 2005; Romagnoli, 2006). Şekil 1.12’de iki halojen spotlu tek yönlü fototerapi cihazı gösterilmektedir.



Şekil 1.12 İki halojen spotlu tek yönlü fototerapi cihazı (Stokowski, 2011)

1.7.1.3 Floresan Tüplü Fototerapi Cihazları

Floresan tüplü fototerapi cihazları, fototerapi tedavisinde çok uzun süredir kullanılan cihazlardır. Bununla birlikte, floresan tüplerin hepsinin aynı olmadığını fark etmek önemlidir. Dalga boyu 425- 475 nm arasında olan floresan tüplerinin ürettiği ışınımında farklılıklar vardır. Bu tip fototerapi ünitesinde kullanılan ampuller arasında gün ışığı, beyaz ve mavi ışık sayılabilir. Genel olarak kullanılan floresan tüpü fototerapi cihazlarında isteğe bağlı açma / kapama düğmeli 6 mavi tüp ve 2 beyaz tüp bulunur. Floresan tüp ünitelerinde, floresan lambaları ile bebek arasındaki mesafe 10 cm olması önerilir. Bu yöntem, sarılık olan bebeklerde 37. ve üzerindeki haftada başarıyla uygulandı. (Walker ve diğer., 2007) Floresan tüplü fototerapi cihazı Şekil 1.13’te gösterilmiştir.



Şekil 1.13 Floresan tüplü fototerapi cihazı (Stokowski, 2011)

1.7.1.4 Fiber-Optik Cihazlar

Fiber-optik cihazlar, bir kablo vasıtasıyla ışık veren bir tungsten-halojen ampul içerir. Cihazın ucundaki ışık yayan ped, serin kalır ve maruz kalan cilt yüzey alanını arttırmak için doğrudan bir bebeğin altına yerleştirilebilir. Fototerapi sağlanırken, ped bebeğin orta kısmına sarılabilir ve bebek kucağa alınabilir. Pedin, tek başına spektral gücü düşük olduğundan, genellikle çift fototerapi sağlamak için üst ışıklarla birlikte kullanılan bir cihazdır (Stokowski, 2011). Şekil 1.14'te fiber-optik fototerapi cihazı gösterilmiştir.



Şekil 1.14 Fiber-optik fototerapi cihazı (Stokowski, 2011)

1.7.2 Cihaz Tiplerine Göre Fototerapi Cihazları

Fototerapinin etkinliği, ışınların bebeğin vücuduna ne kadar oranda temas ettiği ile doğru orantılıdır. Fototerapi işleminde amaç bebeği olabildiğince çok ışığa maruz bırakmaktır. Bebeğin vücudunda, ışığa maruz kalan bölge ne kadar çok olursa, total bilirubin seviyesinin düşme hızı o kadar yüksek olur. Fototerapi etkinliğini maksimum düzeyde tutabilmek için çeşitli varyasyonlarda fototerapi cihazları üretilmiştir.

1.7.2.1 Tek Yönlü Fototerapi Cihazları

Tek yönlü fototerapi cihazlarında, ışık kaynağı cihazın sadece üst ya da alt tarafına konulur. Bu nedenle bebek ışığı sadece tek taraftan almaktadır. Tek yönlü LED kullanılan fototerapi cihazı Şekil 1.15'te gösterilmektedir. Görüldüğü gibi cihazın üst kısmına, farklı noktalara nüfuz edecek şekilde iki tane LED ışık yerleştirilir. Bebekler, cihazın içine, ışıktan zarar görmemeleri için gözleri ve genital bölgeleri kapalı olarak konulur. Cihazın alt kısmından ışık desteği sağlanmadığı için, gün içinde bebeğin ön tarafının da ışık alabilmesi için bebeğin çevrilmesi gerekmektedir (Hart ve Cameron, 2005).



Şekil 1.15 LED lambası kullanılan tek yönlü fototerapi cihazlarının görünümü (Maisels, 2005)

1.7.2.2 Çift Yönlü (Kombine) Fototerapi Cihazları

Çift yönlü (kombine) fototerapi cihazlarında, ışık kaynağı, cihazın hem üst hem de alt tarafına yerleştirilmektedir. Bu sayede bebeğin hem üst hem de alt bölgesi aynı anda ışığa maruz kalabilir ve bebeğin gün içinde döndürülmesinde gerek kalmamaktadır. Kombine fototerapi cihazları genellikle yüksek bilirubin seviyelerine sahip olan preterm bebekler için tercih edilen tedavi yöntemidir. Çünkü kombine fototerapi cihazı ile yapılan tedavinin daha kısa sürede düşük bilirubin seviyeleri elde ettiği gösterilmiştir (Romagnoli ve diğer., 2006). Şekil 1.16'da kombine fototerapi cihazı örneği gösterilmiştir, bu cihazda bebeğin üst kısmında bir üst lamba ünitesi (LED lamba ya da halojen lamba) ve alt kısmında ise fiber-optik yatak bulunmaktadır. Bu cihazların içine bebekler, ışıktan zarar görmesin diye gözleri bağlı bir şekilde konulur. Ve gün içerisinde anne sütü içmeleri için cihazdan alınırlar (Stokowski, 2011).



Şekil 1.16 Çift yönlü (kombine) fototerapi cihazı (Stokowski, 2011)

1.7.2.3 Ev Tipi Taşınabilir Fototerapi Cihazları

Ev tipi taşınabilir fototerapi cihazları henüz aktif olarak kullanılmasa da çalışmalar devam etmektedir. Fototerapi tedavisinde gelinmek istenilen nokta ev tipi cihazların arttırılması ve sarılık düzeyi riskli olmayan bebeklerde tedavinin yaygınlaştırılmasıdır (Yılmaz ve diğer., 2015). Şekil 1.17’de ev tipi fototerapi cihazına bir örnektir.



Şekil 1.17 Ev Tipi Fototerapi Cihazı (Yılmaz ve diğer., 2015)

1.8 Evde Fototerapi Tedavisi

1.8.1 Evde Fototerapi Tedavisinin Özellikleri

Ev tipi fototerapi cihazları, fizyolojik sarılık geçiren ve risk taşımayan bebekler için kullanılması önerilen cihazlardır. Evde fototerapi tedavisi ile hastane şartlarında tedavi olması gerekmeyen sarılık hastası bebeklerin evde tedavi görebilmeleri sağlanabilecektir. Bu sayede hastanedeki hasta sayısı azalmış olacak ve gereksiz cihaz kullanımını yapılmayacaktır. Hastanelerde kullanılan fototerapi cihazlarının boyutlarının büyük olmaları ve hareket ettirilememeleri nedeniyle bebekler hastane ortamına bağlı kalmakta ve annenin, bebeğini emzirmek için belirli aralıklarla bebeğin yanında olması gerekmektedir. Bu durum anne-bebek bağı olumsuz yönde etkilemektedir. Günümüzde evde fototerapiyi sağlayabilecek birden çok ürün geliştirilmektedir. Bu ürünlere örnek olarak, ışık kaynağına bağlanmış fiber-optik battaniyeler verilebilir. Fakat ışık kaynağına bağlanmış fiber-optik battaniyeler ısı geçişini önleyebilmelerine rağmen sınırlı yüzey alanına nüfuz etmeleri nedeniyle yeterince etkili olmayabilir. Ayrıca boyutsal uygunsuzluğu ve nispeten kompleks kullanımları nedeniyle evde fototerapi için tercih edilememektedir. Son yıllarda

yapılan çalışmalarda, yeni bir ışık kaynağı olan LED (light-emitting diod) ışığı, ısı üretmemesi ve kırılabilir olması nedeniyle, taşınabilir formda üretilecek fototerapi ünitelerine adapte edilebilmektedir. Günümüzde aktif şekilde ev tipi fototerapi cihazı kullanılsa da bu konuda birçok yenilikçi araştırma ve ürün tasarlanmaktadır.

1.8.2 Evde Fototerapi Tedavisinin Yararları

Evde fototerapi tedavisi, ülkemiz için çok yeni bir yöntem olup piyasada bulunan ev tipi fototerapi cihazları hastane kullanılan fototerapi cihazlarına göre daha küçük ama hala hacimlidir. Günümüzde hastanelerde yaygın olarak LED ışıklı fototerapi cihazları kullanılmaktadır. Eğer alt fototerapi cihazı kullanılıyorsa, ışığın bebeğe ulaşabilmesi için hava almayan plastik bir tabaka ile örtülmesi gerekir. Bu nedenle bebek sert ve konforsuz bir yüzeye yatmaktadır. Eğer üst fototerapi cihazları kullanılıyor ise bebek lambaların altında yatmaktadır. Bu uygulamalarda bebeğin çıplak olması gerekliliği hem vücut ısısının düzenlenmesini hem de bebeğin güven duygusu için çok önemli olan örtünme ihtiyacını olumsuz etkilemektedir. Yoğun fototerapi gereken bebeklerde yüzey alanını arttırmak için çift taraflı (kombine) fototerapi cihazlarının kullanılması gerekmektedir. Ancak çift taraflı (kombine) fototerapi cihazları bebeğe erişimi daha da olumsuz etkilemektedir. Fiber-optik battaniyeler ise yeterince etkin olamamaktadır. Ev tipi fototerapi cihazlarında erişilmek istenen nokta, cihazın içinde bebeğin konforlu olmasını sağlamaktır. Cihaz ev ortamında olacağı için anne-bebek bağı zarar görmeyecek, anne istediği zaman bebeğini kucağına alabilecektir. Bebeğin emzirilmesi gerektiğinde de bebeği sarmaya devam edebileceği için tedavinin kesilmesi gerekmeyecektir. Yoğun fototerapi gerektiğinde de kırılarak bebeği kundak gibi sarabilecek ve maksimum vücut yüzey alanının etkin şekilde fototerapi alması sağlanabilecektir. Ev tipi fototerapi cihazlarının, yoğun terapi alması gerekmeyen bebeklerde bilirubin seviyesinin yükselmesinin önlenmesi, anne ile bebek arasında ki bağı korunması, fiziksel ve psikolojik yararları, hastane ortamında oluşabilecek olumsuzlukların önlenmesi gibi birçok yarar sağlayabilmektedir (Yılmaz ve diğer., 2015).

1.9 Araştırma Konusu İle İlgili Olarak Yapılmış Önceki Çalışmalar

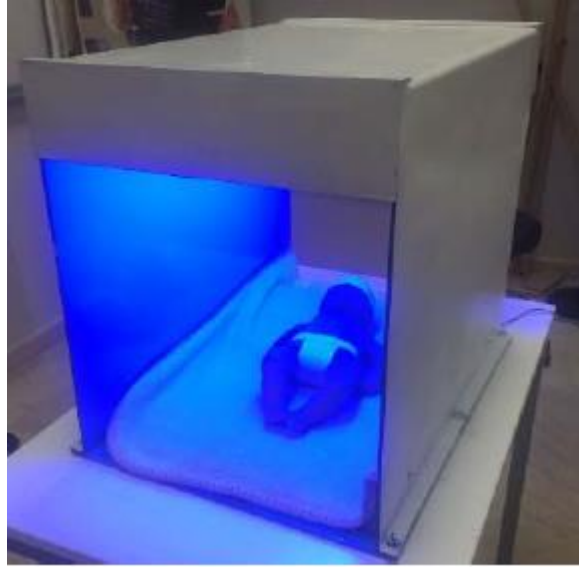
Yeni doğan sarılığının en yaygın tedavi yöntemi olan fototerapi cihazları tarih boyunca gelişim göstermiştir. En son teknolojilerle evde fototerapi mümkün kılınmıştır. Ev tipi fototerapi tedavi yöntemleri ile ilgili tarih boyunca yapılmış çeşitli bilimsel çalışmalar bulunmaktadır.

Jackson ve diğer. (2000), sarılık olan yeni doğan bebekler için ev tipi fototerapi teknolojisini konu almıştır. Uygulanan sistem yeni doğan sarılığı için fototerapide “fiber-optik” ışık kullanılmasıdır. Bu sayede hem etkili hem de güvenli bir şekilde fototerapi uygulanması amaçlanmaktadır. Fiber-optik fototerapi ile bebekler, fiber-optik ışık yayan ve bilirubini yapısal izomerizasyonla parçalayabilen bir ceket ile kundaklanır. Şekil 1.18’de fiber-optik ışık yayan ceket gösterilmiştir. Bebekler emzirme dahil olmak üzere ceketini her zaman giyerler (banyo süreci hariç). Bu çalışmada evde tedavi gören bebeklere fototerapi konusunda eğitim almış gönüllü hemşireler eşlik etmektedir. Terapi gören bebekler bu sayede geleneksel UV fototerapi altında olduğu gibi dehidrasyon ve optik hasar riski altında değildir ve yoğun denetim olmadan terapi alabilirler.



Şekil 1.18 1995 yılında yapılan deneylerde kullanılan fiber-optik ışık yayan ceket görünümü (Jackson ve diğer., 2000)

Okur ve diğeri. (2017), ev tipi fototerapi ve bilirubimetre cihazlı fototerapi ünitesi, yenidoğanı rahatça yerleştirebilmek ve üretim kolaylığı açısından, dikdörtgen prizmaya benzer tünel şeklinde tasarlanmıştır. Ayrıca cihazın taşınabilirliği ve kolay temin edilmesi esas alınmıştır. Işık kaynağı ile yenidoğan arasında, yenidoğanın ışıktan zarar görmemesi için 30-40 cm arasında bir mesafe vardır. Ürün yüksekliği 46cm, genişliği 40cm, uzunluğu 60cm civarındadır. Fototerapi ünitesi Şekil 1.19’da gösterilmiştir. Fototerapi ünitesinin iç kısmı mavi ışığı absorbe etmemesi, yansıtması için mavi bir jelatin ile kaplanmıştır. Ünitenin dış kısmı, içeriden dışarıya ışığın geçmemesi için siyah spreyle boyanmıştır. Daha sonra ise cihaz görünümünü sağlanması için plegsiglass ile tasarlanmıştır. Floresan yuvası, adaptörüyle birlikte cihazın üst kısmına ortalanarak monte edilmiştir. Böylece ışığın yenidoğan yüzeyine eşit bir şekilde dağılmasını sağlamıştır. Ayrıca floresan yuvasının bulunduğu bu kısım kötü bir görüntü oluşmaması için plegsiglass ile kapatılmıştır. Bu çalışmada, yenidoğan sarılığı tedavisinin hem ev ortamında yapılabilmesi hem de bilirubin seviyesinin non-invasif olarak kısıda sürede ölçülebilmesi adına işlemler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1.19 Bilirubimetre cihazlı ev tipi fototerapi cihazı (Okur ve diğeri., 2017)

Yılmaz ve diğeri. (2015), LED ışık teknolojisini kullanarak ev tipi düşük maliyetli bir fototerapi ünitesi tasarlamışlardır. Bu LED ışıklı fototerapi ünitesi, plastik bir tünelden ve bu plastik tünelin aralarında ışık yayan esnek LED ışık şeritlerinden

oluşur. Kullanılan LED lambalarının dalga boyları 450-500 nm yoğunluğundadır. Şekil 1.20’de görüldüğü gibi, tüpün uzun eksenleri boyunca toplam 6m LED ışık şeridi yerleştirilmiştir. Tünelin boyu 50 cm, genişliği 34 cm ve yüksekliği 36 cm olup, toplam 1700 cm^2 aydınlık bir alana sahiptir. Tünel içindeki ışınımın dağılımı, tünelin bir ucundan ortasına kadar olan 20 farklı ışık yoğunluğunun ölçülmesiyle elde edilir. Işık yoğunluğu tünelin merkezinde en yüksek ve tünelin sonunda en düşüktür. Ev tipi fototerapinin ışınım kuvveti, plastik tünel boyunca yerleştirilen LED’lerin ışınım şiddetlerinin ortalamasıdır. Bu fototerapi ünitenin üstünde bulunan menteşelerde iki parçaya ayrılabilir ve taşıma kolaylığı sağlamak amacıyla 50 cm 17 cm 36 cm’lik bir kutuya sığabilir hale gelebilmektedir.



Şekil 1.20 LED lambalı ev tipi fototerapi cihazı (Yılmaz ve diğer., 2015)

Seidman ve diğer. (2000), yüksek yoğunluklu ışık yayan diyotları (LED) yenidoğan sarılığının fototerapisi için olası ışık kaynağı olarak incelemiştir. LED ışık kaynakları maksimum bilirubin spektrumuna karşılık gelen, mavi ışık bölgesindeki dar dalga boyu bandının yüksek yoğunluklu ışığını yayabilirler. Mavi LED kullanılan

fototerapi teknolojisi, ticari olarak kullanılan halojen lambalı fototerapi cihazlarına kıyasla bilirubin foto-degradasyonunda daha yüksek etkinlik gösterdiğini öngörmüşlerdir.

Chang ve diğer. (2005), bu çalışmada yüksek yoğunluklu, mavi galyum nitrür LED fototerapi prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu prototipin bilirubin foto-degradasyon etkinliği ticari olarak kullanılan halojen kuvars fototerapi cihazı ile karşılaştırılmıştır. Bilirubin foto-degradasyon etkinliği hem in-vitro hem de in-vivo ölçümleri ile kontrol edilmiştir. Prototip cihazındaki her biri 500 mavi LED ışık kaynağına sahip iki sıra, test edilen geleneksel cihazdan daha büyük bir ışınım üretmiştir. In vitro deneyde mikro hematokrit tüpleri kullanılarak ve in vivo deneyde ise Gunn fareleri kullanılarak, geleneksel fototerapiye göre bilirubin foto-degradasyonunun etkisi ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda yüksek yoğunluklu mavi LED cihazının, geleneksel fototerapi cihazından daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Klinik etkinliğinin kanıtlanabilmesi için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Romagnoli ve diğer., (2006), Preterm (zamanından önce doğan) bebeklerde serum bilirubin seviyesini düşüren fototerapi çeşitlerinin etkinliği karşılaştırılmaktadır. Bu klinik çalışmada gebelik yaşı 30 hafta olan ve hemolitik olmayan hiperbilirubinemi gösteren 140 preterm bebek test edilmiştir. Dört fototerapi çalışma grubu belirlenmiş ve total serum bilirubin düzeyi 6 mg/dl olan preterm bebekler rasgele bu gruplara atanmıştır. Bu fototerapi grupları konvansiyonel, fiber-optik Wallaby, fiber-optik Biliblanket ve kombine fototerapi olarak sıralanabilir. Bu fototerapi yöntemlerinin etkinliği bilirubin seviyeleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Wallaby ve Biliblanket fiber-optik fototerapisinin konvansiyonel fototerapi ile aynı etkiye sahip olduğu öngörülmüştür.

Dani ve diğer. (2001), bu çalışmada cilt merhem uygulaması olan ve olmayan preterm bebeklerde konvansiyonel fototerapi ve fiber-optik fototerapinin trans-epidermal su kaybı üzerine etkilerini değerlendirilmektedir. Hemolitik olmayan hiperbilirubinemi olan rastgele 20 preterm bebeğe, konvansiyonel veya fiberoptik

fototerapi uygulandı. Konvansiyonel fototerapiden sonra, merhem ile tedavi edilen alanlar ile tedavi edilmemiş alanlar arasındaki trans-epidermal su kaybında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Fiber-optik fototerapiden sonra, trans-epidermal su kaybı, merhem ile tedavi edilen ve tedavi edilmeyen alanlarda karşılıklı olarak değerlendirilmiştir.

McDonagh, (2001), bu çalışmada ultraviyole ışıkla yapılan fototerapi ele almıştır. Ultraviyole ışıkla yapılan fototerapi geçmişte çeşitli hastalıkların tedavisi için yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Tek başına görünür ışıkla yapılan fototerapinin, konjuge olmayan hiperbilirubineminin tedavisi dışında faydası yoktur. Bu amaçla, 480 ile 500 nm dalga boyundaki radyasyon en etkili, 550 nm dalga boyunun üzerindeki radyasyon ise etkili değildir. Tedavinin temel etkisi, bilirubinun foto-degradasyonu değil, bilirubin pigmentinin toksik formundan polar ve vücuttan atılabilen yapısal izomerlere dönüştürülebilmesidir.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Bu çalışmada geliştirilen fototerapi tedavisi amaçlı ürün prototipi, iki temel kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda son yıllarda sarılık tedavisinde yaygın kullanım alanı bulmaya başlayan LED ışık kaynakları ve ilgili diğer elektronik altyapı, ikinci kısım ise poliüretan malzemeden yapılmış yatak/şilte formatındaki yüzeydir. Ürün tasarımında ışığın dalga boyu, ışınım şiddeti, ışığa maruz kalan vücut yüzey alanı ve ışık kaynağıyla hasta arasındaki mesafe temel kriterler olarak belirlenmiştir.

Poliüretan malzeme, konforlu bir yüzey oluşturulması ve bebeğin tedavi süresince rahatsız olmasını engellemek amacıyla seçilmiştir. Ayrıca ürünün taşınabilirliği/hafifliği, maliyet açısından avantajlı olması ve kolay temin edilebilmesi için poliüretan bir malzeme tercih edilmiştir.

İşlevselliği sağlayan en temel malzeme olarak LED ışık kaynaklarının tercih edilmesinde öne çıkan temel gerekçeler şu şekilde sıralanabilir;

- Yeni doğan sarılık tedavisine uygun ve uzun ömürlüdür. Bir LED ışığın ortalama ömrü 10.000 saati bulmaktadır.
- Çalışma sırasında ısı üretmemesi nedeniyle bebeğin cildine yönelik sıcaklık kaynaklı zarar oluşturma riski bulunmamaktadır.
- Mavi LED ışık kaynakları, 450-460 nm dalga boyuna sahiptir ve fototerapi uygulaması için en etkin ışık kaynaklarından biri olarak tanımlanabilir.
- IR ışınımını az yayması ve UV ışınımı yaymaması nedeniyle bebeğe yakın mesafede konumlandırılabilir.
- Silikon şerit biçimindeki formları ve kolay monte edilebilme özellikleri sayesinde kıvrılabilir, katlanabilir özelliktedir. Bu nedenle kullanım avantajı sağlayarak taşınabilir ürünlere adapte edilebilme potansiyeli bulunmaktadır.

- Sistemin enerji ihtiyacının son derece az olması nedeniyle ihtiyaç olması durumunda harici enerji kaynakları (pil/batarya vb) kullanarak ürünün tamamen taşınabilir bir formata dönüştürülmesi mümkündür.

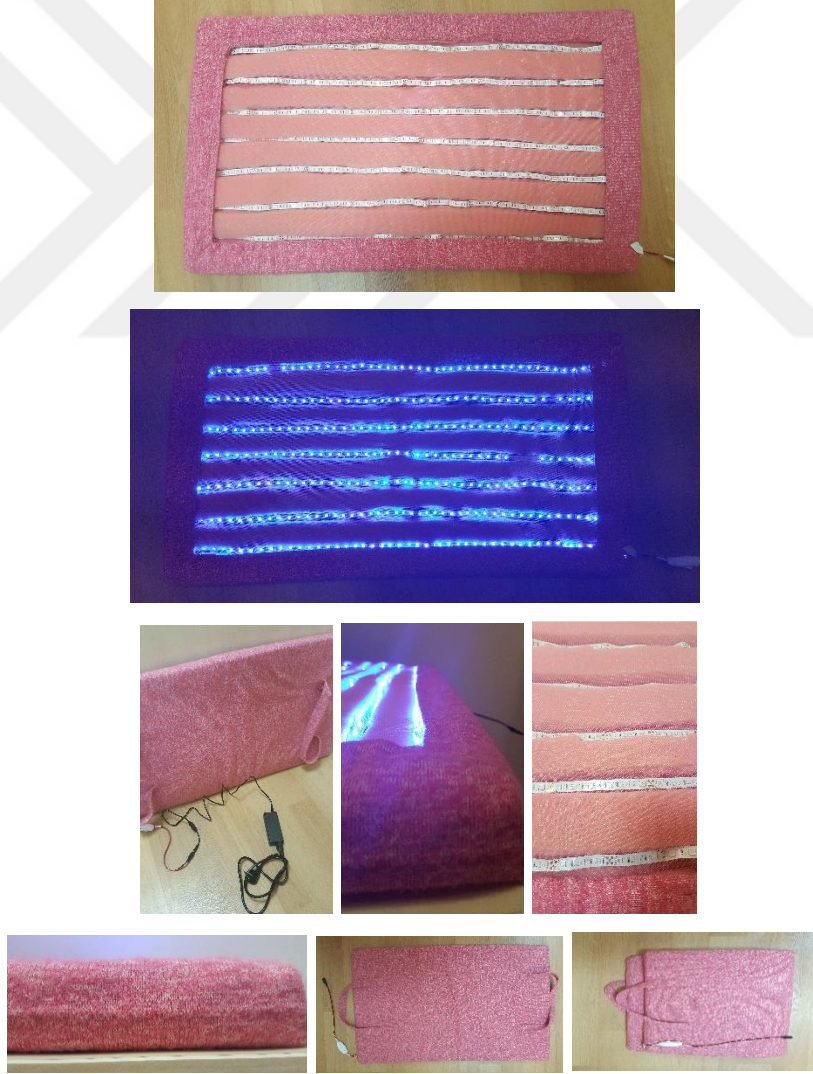
Prototip, yeni doğan bebeği rahatça yerleştirebilmek amacıyla üretim kolaylığı açısından, dikdörtgen formunda yatak/şilte şeklinde tasarlanmıştır. LED şeritler, bebeğin üzerine yatırılacağı yatak/şilte formatındaki poliüretan malzemeye entegre edilmiştir. Ortalama bir yeni doğanın boyunun 48-52 cm arasında olacağı baz alınarak, prototipin boyu 60 cm olarak belirlenmiştir (TC. Sağlık Bakanlığı, 2015). Prototipin eni, ihtiyaç durumunda yeni doğanın hem alt hem üst bölgesini aynı anda ışığa maruz bırakabilmek ve bebek vücut yüzeyinin tamamını etkileyebilmek amacı ile 90 cm olarak tasarlanmıştır. Yatak/şilte formatındaki ürün kalınlığı 5 cm olarak belirlenmiştir.

LED şeritlerin poliüretan malzeme içerisine doğru bir şekilde yerleştirilmesini sağlamak amacıyla 1 cm derinliğinde kanallar açılmıştır. Açılan bu kanallara silikon şerit formatındaki LED şeritler kıvrılarak monte edilmiştir.

LED şerit yerleştirilen poliüretan malzemenin alt kısmı yatak formu verebilmek ve yumuşak bir doku oluşturmak amacıyla pamuklu örme kumaşla, üst kısmı ise ışığı geçirebilen delikli poliamid kumaş ile kaplanmıştır. Ağ yapısı şeklinde delikli poliamid kumaşın kullanılmasının temel nedeni LED ışık kaynaklarından çıkan ışığın ürünün üzerine yatırılan bebeğe ulaşımını kolaylaştırmak ve bu sayede bebeğin tüm bedeninin ışık almasını ve fototerapi uygulamasından tem bir şekilde faydalanmasını sağlamaktır. Son olarak LED sisteminin güç kaynağı bağlantıları yapılmış ve sisteme uygun seviyede enerji verilmiştir. Tasarlanan ürününde kullanılan kumaşlara ait teknik detaylar Tablo 2.1 de, çalışma kapsamında geliştirilen fototerapi prototipine yönelik görseller ise Şekil 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Tasarlanan üründe kullanılan kumaş özellikleri

KULLANIM YERİ	KUMAŞ TÜRÜ	KOMPOZİSYON	KUMAŞ ÖZELLİĞİ
Prototip dış alt yüzeyi	30/1 şardonlu süprem	%70 viskon, %25 polyester, %5 elastan	260gr/m ² Şardonlu, Düz boyalı
Prototip dış üst yüzeyi	Tül kumaş	%100 poliamid	50gr/m ² Düz boyalı
İç malzeme	Poliüretan malzeme	%100 poliüretan	5 cm kalınlık



Şekil 2.1 Geliştirilen fototerapi prototipine yönelik görseller (Kişisel arşiv, 2019)

2.2 Metot

Bu çalışma kapsamında tasarlanan prototipin ön denemeleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Neonatoloji Kliniğinde yapılmıştır.

2.2.1 Deneme Yapılması İçin Gerekli Örneklerin Hazırlanması

Kapiller tüpe $\frac{3}{4}$ ünü dolduracak kadar sarılık ihtimali olan yeni doğan bebeğin topuğundan veya parmak ucundan kan alınır. Bir ucu macunla kapatılarak santrifüj edilir. Santrifüjde kırılmaya karşı yedeğiyle birlikte iki kapiller tüp alınmalıdır. Hemolizden kaçınılmalıdır. Bilirubin analizi için örnekler ışıktan ve sıcaktan korunmalıdır. Şekil 2.2.'de santrifüj cihazı, Şekil 2.3. ve 2.4'te ise kan numunelerinin testlerinde kullanılan çeşitli tipte kan tüpleri görülmektedir.



Şekil 2.2 Santrifüj makinesi (Kişisel arşiv, 2019)

Kapiller tüpleri saklama sıcaklıkları ve süreleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Stabilite (Bilirubin analizi için):

- 15-25 C'de 4 saat
- 2-8 °C de <3 gün
- -20°C de 1 ay
- -70 °C de uzun süre



Şekil 2.3 Kapiler Tüp (Kişisel arşiv, 2019)



Şekil 2.4 Ölçüm numunelerinin koyulduğu kapiler tüpler (Kişisel arşiv, 2019)

2.2.2 Testin Yapılış Aşamaları

1. *Örnek Kabul:* İki adet (yedeği ile birlikte) kapiller tüpteki örnekler, test isteği ve girişi kontrol edilerek alınır.
2. *Laboratuvar Güvenliği:* Örnekleri analiz etmeden önce eldiven giyilir.
3. *Örneklerin İşlenmesi:*
 - Kapiller tüpteki örnekler macun ile kapatılır.
 - Karşılıklı olarak santrifüje yerleştirilir.
 - Kapiller tüplere alınan kan 10.000 devirde 5 dk santrüfj edilerek şekilli elemanların çökmesi sağlanır.
 - Önce hematokrit skalası kullanılarak hematokrit ölçülür.
 - Üstte kalan plazmadan APEL BR-5000N cihazında ölçüm yapılır.

APEL BR-5000N cihazının özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Cihaz neonatal total bilirubin düzeyini dijital olarak ölçer.
- Sarf malzemesi yoktur ve sonuç hemen alınır.

- Örnek tüpü heparinize hematokrit kapiller tüpüdür.
- Örnek volümü 50-60 µl. dir.
- 0-30 mg/dl Total Bilirubin sonucunu ölçebilmektedir.
- Cihaz çift dalga boyunda ölçüm yapmaktadır. (461 ve 551 nm.)
- Hemolizli serumlarda 0-250 mg/dl hemoglobün değerlerini düzelterek sonuç vermektedir.
- Cihazın ışık kaynağı tungsten lambadır.

APEL BR-5000N cihazının bilirubin ölçüm tekniği:

- Kapiller tüpün dışı distile su ile temizlenir ve kurutulur.
- Zero tuşuna basılarak cihazın sıfırlanması sağlanır.
- Plazma kısmı altta olacak şekilde tüp cihazın içine yerleştirilir.
- Start tuşuna basılır.
- Sonuç cihaz üzerindeki ekranda görülür.

Şekil 2.5'te APEL BR-5000N cihazı görülmektedir.



Şekil 2.5 APEL BR-5000N bilirubin ölçüm cihazı (Kişisel arşiv, 2019)

2.2.3 Test Sonuçlarının Hesaplanması

Örneklerdeki bilirubin seviyesi cihaz tarafından otomatik olarak yapılır.

Çevrim faktörü: mg/dL x 17,1 = µg/L

Sonucun raporlanması:

Bilirubin için referans değerler:

- 0-1 gün 2-6mg/dL
- 1-2 gün 6-10mg/dL
- 3-5 gün 408mg/dL
- Erişkin 0,2-1mg/dL

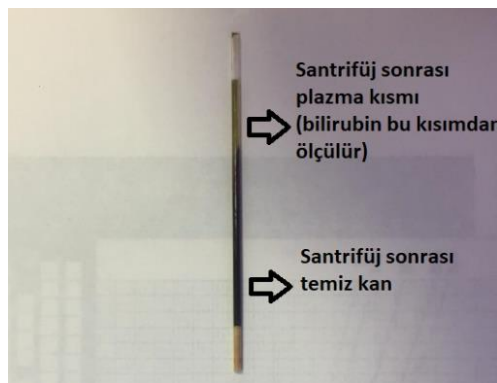
Rapor edilebilir aralık: Bilirubin için 0-40 mg/dL

Kritik değer: Bilirubin için 20 mg/dL.

Bilirubinün arttığı durumlar için klinik yorumlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

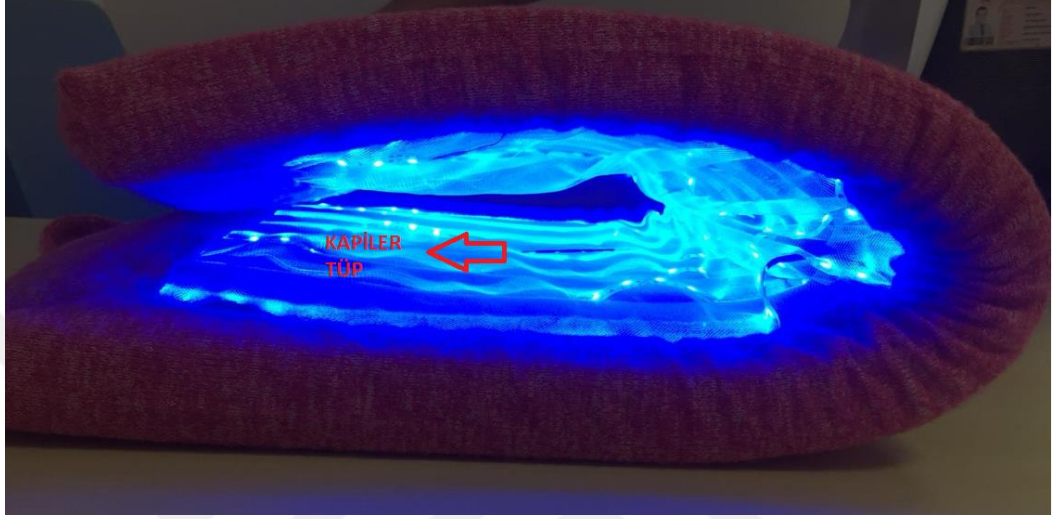
- Artmış üretim
- Karaciğer hücreleri alımında bozukluk
- Konjugasyonda bozukluk
- Safraya salınımında bozukluk
- Safra akımında bozukluk

Test laboratuvarının bilirubin ölçüm sonuçlarına göre sarılıklı yenidoğana yönelik tedavi yöntemleri belirlenmektedir. Bilirubin seviyesi 20 mg/dl nin altında olan bebeklerin tedavi yöntemi genellikle fototerapi olarak seçilmektedir. Bu çalışmada total bilirubin seviyesi 20 mg/dl nin altında olan kapiler tüpler üzerinde deneyler yapılmıştır. Şekil 2.6’da santrifüj işlemi uygulanan tüp görülmektedir.



Şekil 2.6 Ölçüm sonrası tasarlanan prototipte test edilecek kapiler tüp (Kişisel arşiv, 2019)

Ölçüm sonucu gelmiş kapiler tüp, çalışma kapsamında tasarlanmış prototipin içine ışığı tam alması için yatay olarak yerleştirilir. Şekil 2.7’de prototip içerisine yerleştirilmiş olan kapilar tüplere uygulanan fototerapi işlemine ilişkin bir görsel verilmiştir.



Şekil 2.7 Kapiler tüpe tasarlanan prototipin içinde fototerapi uygulaması (Kişisel arşiv, 2019)

Prototip içerisinde fototerapi yöntemi, aynı bebekten alınan 3 farklı kapiler tüpü farklı zaman aralıkları ile bekletecek şekilde uygulanır. Her uygulama sonrası fototerapi gören kapiler tüp tekrar teste gönderilir ve APEL BR-5000N cihazında bilirubin ölçümü yapılır. Bu ölçüm sonucunda bilirubin değerlerinde gerekli azalma görülmesi durumunda fototerapi durdurulur.

BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Tez kapsamında tasarlanan prototipin ön denemeleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Neonatoloji Kliniğinde yapılmıştır. Prototip kullanılarak gerçekleştirilen testlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Geliştirilen prototipin kullanımı sonucunda test edilen numunelerdeki bilirubin seviyelerinde düşüşler gözlenmiş ve ön denemelere ilişkin sonuçların olumlu olduğu değerlendirilmiştir.

Yenidoğan sarılığı teşhisiyle laboratuvara gönderilen kan numunelerinden aynı anda 3 adet örnek seçilmiştir. Hastalardan alınan numunelerden rasgele seçilen 3 kapiller tüp santrifüj edilerek bilirubin değerleri ölçülmüştür. Tablo 3.1’de ölçülen bilirubin değeri verilmektedir.

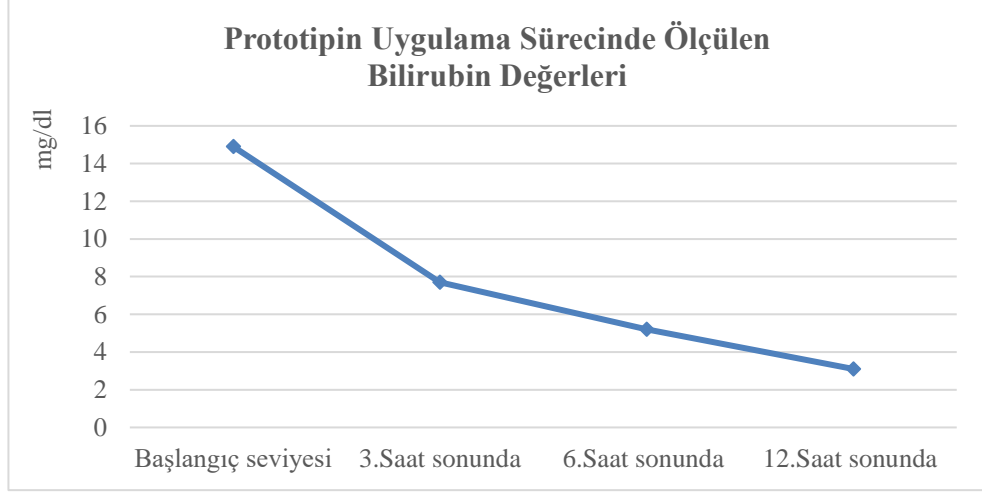
Tablo 3.1 Numuneye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi

Bilirubin değeri	14,9 mg/dl
------------------	------------

İlk ölçümün ardından vakalardan alınan 3 tüp, prototipe yan yana ve aralarında 5 cm boşluk kalacak şekilde LED ışık kaynaklarından eşit bir şekilde etkilenmeleri sağlanacak biçimde yerleştirilmiştir. Numunelerin ışık kaynaklarına yönelik etkileşimini arttırmak amacıyla prototip ikiye katlanarak kapiller pipetlerin üzerinin de ışık kaynaklarına maruziyeti ve dolayısıyla hem alttan hem üstten ışık görmeleri sağlanmıştır. Fototerapi başladıktan sonra 3 saat aralıkla fototerapi yatağının içinden birer pipet alınarak total bilirubin ölçümü yapılmıştır. Testler sonucunda elde edilen bilirubin değerleri Tablo 3.2’de, grafiksel gösterim ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Fototerapi prototipi uygulama sürecinde ölçülen bilirubin değerleri

3.Saat sonunda bilirubin değeri:	7,7 mg/dl
6.Saat sonunda bilirubin değeri:	5,2 mg/dl
12.Saat sonunda bilirubin değeri:	3,1 mg/dl



Şekil 3.1 Deneme süresinde ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi

İlk deneme sonucu, prototipin etkinliği sayesinde bilirubin değerinde azalma olduğunu göstermiştir. Başlangıç aşamasında 14,9 mg/dl seviyesindeki bilirubin miktarı ilk 3 saatin sonunda 7,7 mg/dl'ye 6. saatin sonunda 5,2 mg/dl'ye 12. saatin sonunda ise 3,1 mg/dl'ye düşmüştür. Grafikselsel gösterimde görüldüğü gibi uygulama süresi arttıkça prototipin etkinliği de artmaktadır.

İkinci deneme için yine yenidoğan sarılığı teşhisiyle laboratuvara gönderilen kan numunelerinden aynı anda 3 adet örnek seçilmiştir. Hastalardan alınan numunelerden rasgele seçilen 3 kapiller tüp santrifüj edilerek bilirubin değerleri ölçülmüştür. Tablo 3.3'te ölçülen bilirubin değeri verilmektedir.

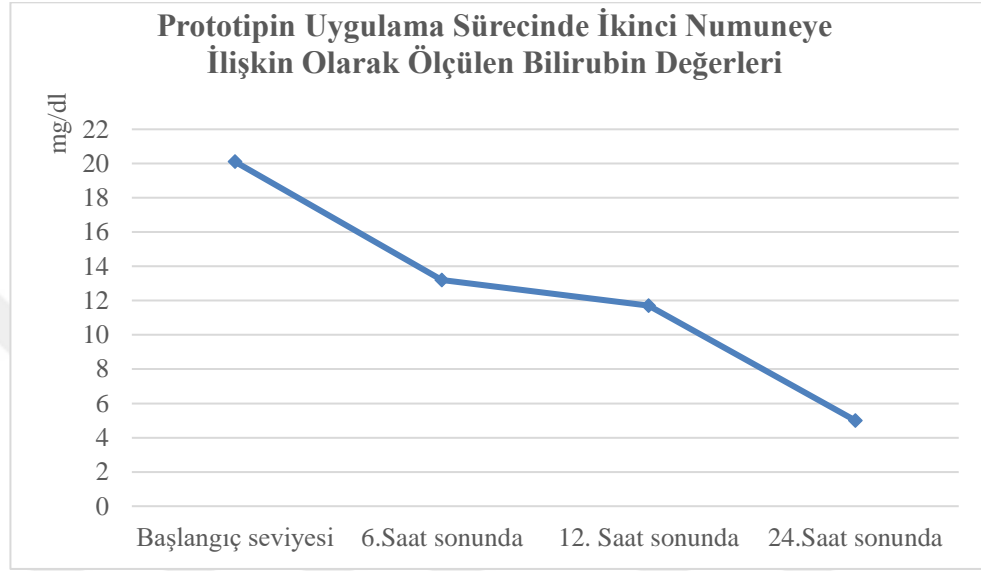
Tablo 3.3 İkinci numuneye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi

Bilirubin değeri	20,1 mg/dl
------------------	------------

Bu kapiller tüpler tasarlanan prototipin içine aralarında 5cm lik boşluk kalacak şekilde yerleştirilir. Fototerapi başladıktan 6'şar saat aralıklarla fototerapi yatağının içinden 1. ve 2. pipet, akabinde 12 saat sonra 3. pipet alınarak total bilirubin ölçümü yapılmıştır. Testler sonucunda elde edilen bilirubin değerleri Tablo 3.4'te, grafikselsel gösterim ise Şekil 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.4 Fototerapi prototipi uygulama sürecinde ölçülen ikinci deneme bilirubin değerleri

6.Saat sonunda bilirubin değeri:	13,2 mg/dl
12.Saat sonunda bilirubin değeri:	11,7 mg/dl
24.Saat sonunda bilirubin değeri:	5 mg/dl



Şekil 3.2 Deneme süresinde ikinci numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi

Üçüncü denemeye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi Tablo 3.5'te verilmiştir.

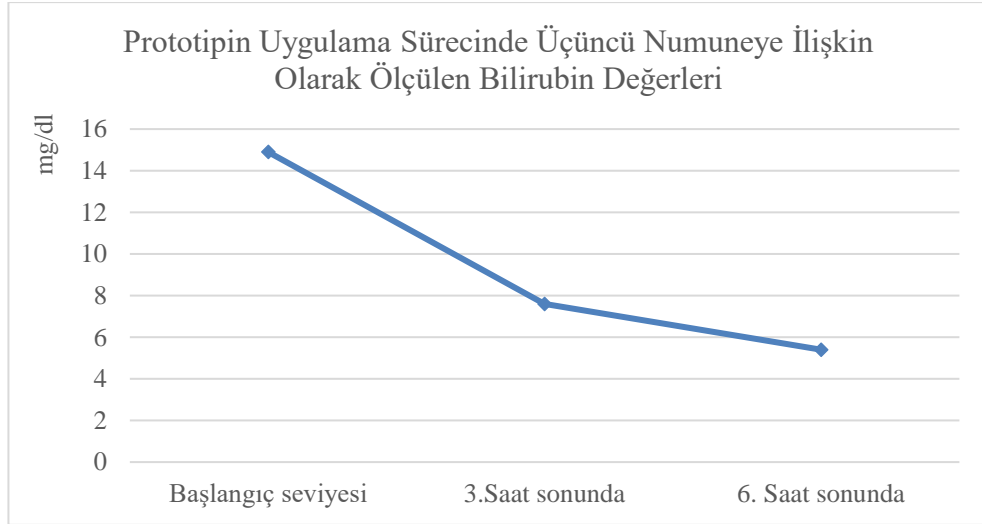
Tablo 3.5 Üçüncü numuneye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi

Bilirubin değeri	14,9 mg/dl
------------------	------------

Fototerapi başladıktan sonra 3 saat aralıklarla fototerapi yatağının içinden birer pipet, alınarak total bilirubin ölçümü yapılmıştır. Testler sonucunda elde edilen bilirubin değerleri Tablo 3.6'ta, grafiksel gösterim ise Şekil 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.6 Üçüncü deneme sonuçları

3.Saat sonunda bilirubin değeri:	7,6 mg/dl
6.Saat sonunda bilirubin değeri:	5,4 mg/dl



Şekil 3.3 Deneme süresinde üçüncü numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi

Bilirubin seviyesinde yeterli oranda azalma sağlandığı için 12 saatlik deneme yapılmasına gerek kalmamıştır.

Dördüncü denemeye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi Tablo 3.7’de verilmiştir.

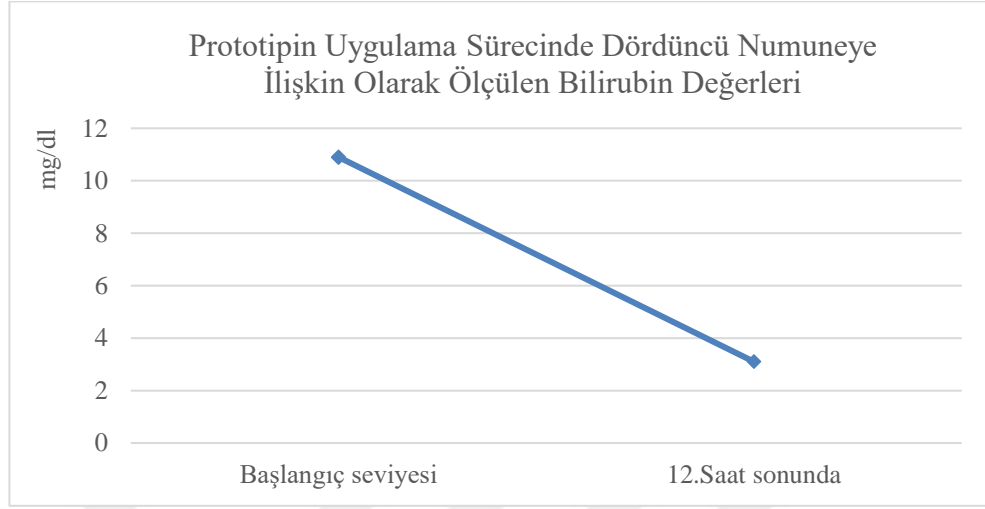
Tablo 3.7 Dördüncü denemeye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi

Bilirubin değeri	10,9 mg/dl
------------------	------------

Dördüncü denemede kapiller tüp 12 saat boyunca tasarlanan prototip içerisinde fototerapiye maruz bırakılmıştır. Tablo 3.8’de fototerapi sonucunda ölçülen Bilirubin değeri görülmektedir. Grafikselsel gösterim ise Şekil 3.4’te verilmiştir

Tablo 3.8 Dördüncü deneme sonuçları

12.Saat sonunda bilirubin değeri:	3,1 mg/dl (saat’lik düşme hızı: 0,65 mg/dl)
-----------------------------------	--



Şekil 3.4 Deneme süresinde dördüncü numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi

Beşinci denemede tasarlanan prototip içerisinde kapiller tüpe 6 saat aralıklarla fototerapi uygulanmıştır. Beşinci denemeye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi Tablo 3.9’da görülmektedir.

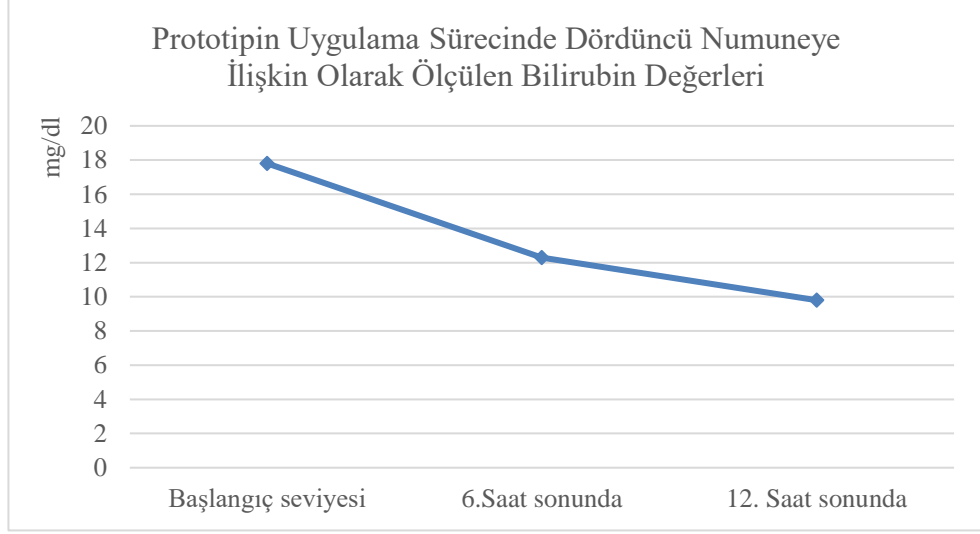
Tablo 3.9 Beşinci denemeye ilişkin bilirubin değerinin başlangıçtaki seviyesi

Bilirubin değeri	17,8 mg/dl
------------------	------------

Fototerapi sonucunda ölçülen bilirubin değeri Tablo 3.10’ta, grafiksel gösterim ise Şekil 3.5’te verilmiştir

Tablo 3.10 Beşinci deneme sonuçları

6.Saat sonunda bilirubin değeri:	12,3 mg/dl
12.Saat sonunda bilirubin değeri:	9,8 mg/dl



Şekil 3.5 Deneme süresinde beşinci numuneye ilişkin ölçülen bilirubin seviyelerinin değişimi

Görüldüğü gibi tüm deneme sonuçlarında tasarlanan prototip içinde fototerapi gören kan hücrelerinin bilirubin seviyelerinde azalma gözlenmiştir.

BÖLÜM DÖRT

TARTIŞMA

Teknik tekstiller son yıllarda tekstil endüstrisinde giderek daha fazla ilgi uyandıran ve ağırlıklı olarak endüstriyel kullanıma yönelik üretilen ürünleri tanımlayan bir ürün grubudur. Elektro-tekstil ürünler ise elektronik malzemeler ile tekstil esaslı materyallerin aynı ürün üzerinde bir araya getirilen ve belirli bir alana yönelik işlevselliği sağlayan yeni nesil ürünler olarak tanımlanabilmektedir.

Tıp alanı teknik tekstillerin en fazla kullanım alanı bulduğu sektörlerin başında gelmektedir. Dokumadan örmeye, nonwoven materyallerden kompozitlere, lif ve iplik yapılarına dek her türlü yeni nesil tekstil esaslı ürün farklı amaçlarla tıp alanında koruyucu/önleyici tıp, tedavi edici tıp gibi alt başlıklarda yaygın bir şekilde uygulanmaktadır.

Elektronik fonksiyonlara sahip tekstil ürünleri, giyilebilir ürünler olabildiği gibi giyim harici alanlarda da kullanılabilen yenilikçi sistemlerdir. Teknik tekstillerin bir alt alanı olarak kabul edilen bu interaktif sistemler son yıllarda özellikle elektrik/elektronik alanındaki teknolojik yeniliklere paralel olarak önemli gelişmeler kaydetmiştir. Gerek minyatürleşme gerekse sadeleşme konsepti ile birlikte tekstil ürünlerine elektronik komponentlerin entegrasyonu daha olası hale gelmiş ve kişisel kullanımın yanı sıra endüstriyel fonksiyonelliği içeren çok çeşitli ürünler geliştirilmeye başlanmıştır.

Pasif yapıların yanı sıra aktif bir işlevselliğe sahip elektro-tekstiller de yeni nesil uygulamalara paralel olarak tıp alanında çok çeşitli amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamalardan biri de fototerapi uygulamalarıdır.

Yenidoğan sarılığı bilindiği gibi yaşamın ilk haftalarında bebeklerde en sık görülen hastalıklardan biridir. Genelde risksiz bir hastalık olarak nitelendirilse de doğru tedavi uygulanmaması ve sarılığın uzaması halinde risk faktörü taşımaktadır. Yenidoğan

sarılığına yönelik birden çok tedavi yöntemi mevcuttur. Bu tedavi yöntemlerinden en yaygın olanı fototerapidir.

Bu çalışmada hastanelerde uygulanmakta olan geleneksel fototerapi cihazlarına alternatif bir uygulama geliştirilmesi hedeflenmiş ve kumaş yapıları içerisine uygun dalga boyuna sahip ışık kaynaklarının yerleştirilmesi ile aktif bir sistem oluşturulması amaçlanmıştır. Kovansiyonel fototerapi cihazları boyutları nedeniyle tedavi süresince bebeğin hastane ortamında bulunmasına, doğumun ilk günlerinde anne-bebek iletişiminin engellenmesine ve beraberinde çeşitli sorunların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple yenidoğan sarılığı geçiren ancak hastane ortamında tedavi görece kadar ciddi semptomlara sahip olmayan bebekler için özellikle ev ortamında önleyici tıp uygulamalarına yönelik olarak uygulanabilecek bir “ev tipi fototerapi prototipinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Uygun dalga boyuna sahip LED şeritler, bebeğin üzerine yatırılacağı poliüretan malzemeden üretilmiş yatak formatındaki prototipe entegre edilmiştir. Işığın dalga boyu, ışınım şiddeti, ışığa maruz kalan vücut yüzey alanı ve ışık kaynağıyla hasta arasındaki mesafe temel kriterler olarak belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilimdalı Neonatoloji Bilimdalı danışmanlığında oluşturulan deney planına göre 5 farklı çevrimde uygulamalı denemeler yapılarak prototipin etkinliği test edilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen prototip içerisine sarılık şüphesi ile hastanede kontrol altına alınmış olan hastalardan alınan ve laboratuvar ortamında test edilen numuneler yerleştirilmiş ve muhtelif zaman aralıklarında fototerapi uygulanarak numunelerdeki bilirubin seviyeleri gözlenmiştir.

Test süresi olarak başlangıçta 3-6-12 saat'lik zaman dilimleri esas alınmış ve bu sürelerde fototerapi uygulanan numunelere ilişkin deneysel ölçümler gerçekleştirilmiştir. İlk deney uygulamasında 12.saatın sonunda başlangıça oranla numunelerin bilirubin seviyelerinde %80'e varan düşüşler gözlenmiştir. İkinci deney çevriminde elde edilen performans, başlangıç seviyesine göre %75 mertebesindedir.

Üçüncü deney çevriminde uygulama süresi kısaltılmış ve prototipin kısa süreli etkinliğine yönelik gözlemler yapılmaya devam edilmiştir. 6 saatlik fototerapi sonucunda başlangıç seviyesine göre %70'e yaklaşan bir performans verimliliği elde edilmiştir. Dördüncü çevrimde elde edilen düşüş yine %70 ler seviyesindedir. Beşinci çevrim ise %45'lik bir bilirubin düşüşü ile sonuçlanmıştır.

Görüldüğü gibi uygulanan tüm denemelerde prototip verimli bir şekilde amacına ulaşmış ve bilirubin seviyelerini %50'den, %80'lere varan bir aralıkta düşürmeyi başarmıştır. Sonuçlarda gözlenen bu varyasyonların temel sebebinin deneyler sırasında kapiler tüplerin kullanılmasının olduğu düşünülmüştür. Prototip içerisine yerleştirilen kapiler tüplerin konumu, ışık maruziyetini etkilemekte bu durum da sayısal sonuçlar üzerinde çeşitli varyasyonların oluşmasına neden olmaktadır. Sonuçların takibi ve güven seviyesinin artırılması bakımından ileriki çalışmalarda prototip geliştirilmesine yönelik Faz_2 seviyesine geçilmesi tavsiye edilmektedir. Bu sayede ilgili standartlar uyarınca test metodu geliştirilmesi ve ürün ticarileşmesine giden yolda ikinci etap çalışmaların gerçekleştirilmesi mümkün olabilecektir.

Tıp alanında çeşitli biçimlerde uygulanmakta olan fototerapi tedavisine yönelik olarak hastaların uzun süreli bir şekilde hastane ortamında kalmasını önleyici uygulamalar hem hasta hem de klinik yönetimleri açısından muhakkak ki faydalı ve verimli bulunacaktır. Kliniklerin iş yükünü azaltıcı yönde bebek-anne açısından konforlu, ev ortamında uygulanabilen, ticari olan ulaşılabilirliği kolay bir sistemin yaygınlaştırılması bu açıdan oldukça verimli bir çalışma olarak nitelendirilebilir.

Sağlık alanında geliştirilen bir ürünün ticari bir başarıya ulaşabilmesi oldukça uzun bir deneysel süreç ile son derece detaylı ve hassas prosedürleri de beraberinde getirmektedir. Bu bakımdan ev tipi fototerapi uygulamalarının yaygınlaştırılmasının önünde de uzun ve meşakkatli bir çalışma süreci bulunmaktadır.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen bu prototipin, taşınabilir, hafif, kurulumu kolay, yıkanabilen ve yatak olarak da kullanılabilen yenilikçi bir ürün ile bireyselleştirilmiş, konforlu, ev ve hastane ortamında kullanıma uygun bir fototerapi

ünitesi olarak kullanılabilmesi için kullanılan tekstil ve elektronik malzemeleri açısından kullanım denemelerinin detaylandırılması, hem hasta hem de hekim gözünden performans değerlendirmelerinin sürdürülmesi gelecek çalışmalara ışık tutacak ve bu tarz ürünlerin ticarileşmelerine yönelik bilgi birikiminin de zenginleştirilmesine katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Agrawal, R., Aggarwal, R., Deorari, A.K., ve Paul, V.K. (2001). Jaundice in the newborn. *Indian Journal Pediatrics*, 68 (10), 977-980.
- Alpay, F., Yurdakök, M. ve Erdem, G. (2004). Sarılık. *Neonatoloji*. 2.Baskı Ankara: Alp Ofset
- American Academy of Pediatrics, (2004). Management of hyperbilirubinemia in the newborn infant 35 or more weeks of gestation. *Pediatrics* 114, 297-316.
- American Academy of Pediatrics, (1994). Practice parameter, management of hyperbilirubinemia in the healthy term newborn. *Pediatrics* 94, 558-565.
- Barrington, K.J. ve Sankaran, K. (2007). Canadian paediatric society fetus and newborn committee. Guidelines for detection, management and prevention of hyperbilirubinemia in term and preterm newborn infants. *Paediatr Child Health; 12* (Suppl B), 1-12.
- Bhutani, V.K. (2005). Kernicterus as a “never event”: A newborn safety standart? *Indian Journal Pediatrics*, 72, 53-56.
- Bhutani, V.K. (2011). Committee on Fetus and Newborn; American Academy of Pediatrics. Phototherapy to prevent severe neonatal hyperbilirubinemia in the newborn infant 35 or more weeks of gestation. *Pediatrics* 128, 1046-1052.
- Canbulat, N. ve Demirgöz, M. (2009). Yenidoğanın Işık tedavisi: Fototerapi. *Zeynep Kamil Tıp Bülteni* 40 (1), 37-41.
- Cashore, W.J. (2000). Bilirubin and jaundice in the micropremie. *Clin Perinatol* 27, 171-179.
- Chang, Y. S., Hwang, J. H., Kwon, H. N., Choi, C. W., Ko, S. Y. ve diğer. (2005). In vitro and in vivo efficacy of new blue light emitting diode phototherapy compared to conventional halogen quartz phototherapy for neonatal jaundice. *Korean Medicine* 20, 61-64.

- Clarkson, J. E., Cowan, I. O. ve Herbison GP. (1984). Jaundice in full-term healthy neonates: A population study. *Austin Pediatr* 20, 303-308.
- Cremer, R. J., Perryman, P. W. ve Richards, D. H. (1958). Influence of light on the hyperbilirubinemia of infants. *Lancet* I(1), 94-1097.
- Çetinkaya, M., Köksal, N. ve Özkan, H. (2006). Yenidoğan sarılıklarında tedavi yaklaşımı. *Güncel Pediatri* 3, 118-123.
- Çoban, A., Türkmen, M. ve Gürsoy, T. (2014). Yenidoğan sarılıklarında yaklaşım, izlem ve tedavi rehberi. *Türk Neonatoloji derneği*, 20-23.
- Dağoğlu, T. ve Ovalı, F. (2008). İndirekt hiperbilirubinemi. *Nobel Tıp Kitabevleri* 50, 453-455.
- Dani, C., Martelli, E., Reali, M. F., Bertini, G., Panin, G. ve diğer. (2001). Fiberoptic and conventional phototherapy effects on the skin of premature infants. *Journal Pediatr* 138, 438- 440.
- Davidson, L. ve Thilo, E. H. (2003). How to make kernicterus a “never event”. *Neoreviews* 4, 308-314.
- Demirsoy, U. (2008). *İndirekt Hiperbilirubinemi nedeniyle fototerapi alan term yenidoğanlarda intravenöz sıvı desteğinin bilirubin seviyesi üzerinde etkisi*. Uzmanlık tezi, Zeynep Kamil Kadın ve Çocuk Hastalıkları, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.
- Dobbs, R. H. ve Cremer, R. J. (1975). Phototherapy. *Child* 50, 833-836.
- Gartner, L. M. ve Herschel M. (2001). Jaundice and breast-feeding. *Pediatr Clin North* 48, 389-399.
- Gilmore, I. ve Garvey, C., J. (2013). Jaundice: Common Medical Presentations, *Medicine*, 41, 99-103.

- Halomek, L. P. ve Stevenson, D. K. (1997). Neonatal Jaundice and Liver Disease. *Mosby* 45, 1365-1369.
- Hansen, T. W. R. (2010). Phototherapy for neonatal jaundice, therapeutic effects on more than one level. *Seminars in Perinatology* 34, 231-234
- Hansen, T.W.H. ve Bratlid, D. (2012). Physiology of neonatal unconjugated hyperbilirubinemia. *Care of Jaundiced Neonate. New York*, 65-95.
- Hart, G. ve Cameron, R. (2005). The importance of irradiance and area in neonatal phototherapy. *Child Fetal Neonatal* 90, 437- 440.
- Ives, N. K. ve Rennie, J. M. (1999). Jaundice. *Textbook of neonatology*, 715–732.
- Jackson, C., L., Tudehope, D., Willis, L., Law, T. ve Venz, J. (2000). Home phototherapy for neonatal jaundice technology and teamwork meeting consumer and service need. *Australian Health Review* 23(2), 162-168.
- Karagöl, B., Erdev, Ö., Atasay, B., ve Arsan, S. (2007). Efficacy of light emitting diode phototherapy in comparison to conventional phototherapy in neonatal jaundice. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası* 60(1), 31-34.
- Kramer L. I., (1969). Advancement of dermal icterus in jaundiced newborn. *Child* 118, 454-458.
- Küçükhöyük, Ş. (1994), Hiperbilirubinemi. *Yenidoğan ve hastalıkları*, 409-410.
- Lucey, J., Ferreiro, M., ve Hewitt, J. (1968). Prevention of hyperbilirubinemia of prematurity by phototherapy. *Pediatrics* 41, 1047-1048.
- Maisels, M.J. ve Gifford, K. (1986). Normal serum bilirubin levels in newborns and effect of breast-feeding. *Pediatrics* 78, 837-843.
- Maisels, J., McDonagh F., ve A., D. (2008). Phototherapy for neonatal jaundice. *Massachusetts Medical Society* 358, 920-928.

- McDonagh, A. F. (2001). Phototherapy: From ancient egypt to the new millennium. *Journal of Perinatology*, 21, 7-12.
- McDonagh, A. F. (1986). Sunlight-induced mutation of bilirubin in a long-distance runner. *England Jaundice Medicine* 314, 121-122.
- Mishra, S., Agarwal, R., Deorari, A.K., ve Paul, V.K. (2008). Jaundice in the newborns. *Indian Journal of Pediatrics*, 75, 2, 157-163.
- Neyzi, O. ve Ertuğrul, T. (2002). *Pediatri* (2). İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi.
- Novo, C., ve Welsh, F. (2017). Jaundice. *Hepatobiliary surgery* 35 (12).
- Okur, K., E., Bilir, S., Karahan, B., Çalış, E., ve Öztürk, S. (2017). Ev tipi fototerapi ve bilirubinmetre cihazı, *UBİCTÜS 2017*, 25-28.
- Pezzati, M., Fusi, F., Dani, C., Piva, V., Bertini, G. ve diğer. (2002). Changes in skin temperature of hyperbilirubinemic newborns under phototherapy: conventional versus fiberoptic device. *2002 November 19* (8), 439-444.
- Romagnoli, C., Zecca, E., Pappaci, P., Vento, G., Girlando, P. ve diğer. (2006). Which phototherapy system is most effective in lowering serum bilirubin in very preterm infants. *Fetal Diagnosis and Therapy* 21, 204-209.
- Savaşer, S. (2002). *Yenidoğanın kan hastalıkları* (1). İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi, 590-692.
- Schneider, A. P. (1986). Breast milk jaundice in the newborn: A realentity. *JAMA* 255, 3270-3274.
- Seidman, D.S., Moise, J., Laor, Z. E. A., Vreman, H. J., Stevenson, D. K. ve diğer. (2000). A new blue light emitting phototherapy device: A prospective randomized controlled study. *Jaundice Pediatrics*, 136, 771-774.
- Shapiro, S.M. (2005). Definition of the clinical spectrum of kernicterus and bilirubin induced neurologic dysfunction. *Jaundice Perinatol* 25, 54-59.

- Stakowski, A.L. (2011). Fundamentals of phototherapy for neonatal jaundice. *National Association of Neonatal Nurses, 11, 5, 511-521.*
- Stoll, B. J. ve Kliegman, R.M. (2003). Jaundice and hyperbilirubinemia in the newborn. *Nelson Textbook of Pediatrics.Saunders 17, 592-596.*
- Tan, K. L. (1982). The pattern of bilirubin response to phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia. *Pediatr 16, 670-674.*
- Tuygun, N., Tıraş, Ü., Şıklar, Z., Erdeve, Ö., ve Tanyer, G. (2002). Etiological evaluation of neonatal prolonged jaundice and breastmilk jaundice. *Türk Pediatri Arşivi 37, 138-143.*
- Türk Neonatoloji Derneği Tanı ve Tedavi Protokolleri. *Türk Neonatoloji Derneği Bülteni.*
- Vogl, T. P. (1974). Phototherapy of neonatal hyperbilirubinemia: bilirubin in unexposed areas of the skin. *Jaundice Pediatr 85, 707-710.*
- Volpe, J. J. (2001). Neurology of the Newborn, 4th Edition. *Philadephia: WB Saunders.*
- Vreman, H., J., Wong., R., J. ve Stevenson, D., K. (2004). Phototherapy: Current methods and future directions. *Jaundice Pediatr 28. 5, 326-330.*
- Walker, L., Vroman, L., Becker, J., ve Anderson, F. (2007). Open crib phototherapy: using evidence to change practice. *Nurse Womens Health 11, 402-404.*
- Yılmaz, A., Özkiraz, S., Akçan, B., A., ve Canpolat, M. (2015). Low cost home use light emitting diode phototherapy as an alternative to conventional methods. *Journal of Tropical Pediatrics 61, 113-118.*
- Yiğit, S., Ciliv, G., Aygün, S., ve Erdem, G. (2001). Breast milk beta-glucuronidase in hyperbilirubinemia. *Türk Journal Pediatr 43, 118-120.*

Yiğit, Ş. (1995). İndirekt hiperbilirubinemiler ve sarılık yenidoğan bebeğe yaklaşımı. *Katkı Pediatri Dergisi* 16, 680-700.

Yurdakök M. (1995). Hiperbilirubinemi de ışık ve ilaç tedavisi. *Katkı Pediatri Dergisi*, 725-733.

