

# Ultraviyole Işınım Kaynakları ve Dozimetri

## Ultraviolet Radiation Sources and Dosimetry

Ayşe Kavak\*, Zehra Gürlevik

Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi, Deri ve Zührevi Hastalıklar Anabilim Dalı, Düzce, Türkiye

\*Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Prof. Dr. Türkan Saylan Dermatoloji ve Lepra Kliniği, İstanbul, Türkiye

### Özet

Fototerapi ve fotokemoterapinin prensiplerini anlamak, bu tedavilerin etkin olarak kullanılması için gereklidir. Elbette bu bilgilerle dermatologların fotobiyolog ya da bir mühendis olması beklenmez, ancak tedaviye cevapsız ya da yeterli cevap alınamayan hastalarda nedenler tahmin edilebilir. Bu bölümde, dermatologları "çok sıkılmaya çalışarak" ultraviyole ışınım kaynakları, dozimetri ve pratikte önemli olabilen bazı soruların cevapları üzerinde durulmuştur. *Türkderm 2010; 44 Özel Sayı 2: 58-61*)

**Anahtar Kelimeler:** PUVA, UVB, ultraviyole, dozimetri, ışınım kaynakları

### Summary

As a dermatologist, it is necessary to have some knowledge about the principles of phototherapy and photochemotherapy. Thus, these treatments can be used more effectively. It does not mean that dermatologists should know more details as a photobiologist or an engineer. However, some knowledge may provide "a good clinical practice" in the patient management. In this section, ultraviolet radiation sources, dosimetry and some answers about photo(chemo)therapy questions have been evaluated trying to "not boring" to the readers. (*Turkderm 2010; 44 Suppl 2: 58-61*)

**Key Words:** PUVA, UVB, ultraviolet, dosimetry, radiation sources

### Giriş

Elektromanyetik radyasyon (ER) güneşten kaynaklanan ya da yapay olarak üretilen bir tür enerjidir<sup>1</sup>. Ultraviyole radyasyon (UVR) ise elektromanyetik spektrumun X ışınları ile görünür ışın arasındaki bölümdür<sup>2</sup>. Yeryüzündeki UVR'un niteliği ve niceliği güneşin yükselmesi, ışınların atmosferdeki moleküller, özellikle ozon tabakasında ve bulutlar tarafından, absorbe edilmesi veya saçılması gibi faktörlerle değişir. Güneşin bu saatlik değişen spektrumu, tekrarlanabilir kaynak olarak kullanılmasında zorluk yaratır. Bu nedenle klinik pratikte güneş ışığını taklit eden yapay kaynaklar kullanılır<sup>3,4</sup>.

UVR, yeryüzündeki güneş ışığının yaklaşık %5'idir ve fotobiyoloji büyük oranda UVR ile ilgilenir. Güncel kul-

lanımdaki UV ışığı (UVL, ultraviolet light) yanlış bir terimdir. 'Işık' terimi, 400-700 nm'deki retinaya ulaşan ve "görme" duygusu ile sonlanan dalga boyu için tercih edilir. Doğru terim, UV radyasyondur (UVR)<sup>3,5</sup>.

### 1. Dalga Boyları

Elektromanyetik radyasyon (ER) fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerindeki farklılıklara göre çeşitli bölgelere ayrılır. 100 nm'den daha uzun dalga boyları, noniyonize radyasyon olarak tanımlanır. Çünkü bu fotonların enerjisi, çözelti içindeki atomların iyonizasyonu için yetersizdir.

UVR, ER'un küçük bir kısmını kapsar. Diğer bölgeler, radyo dalgaları, mikrodalgalar, infrared, görünür ışık, X ray, Å radyasyondur (Şekil 1)<sup>6</sup>. Her bir UV bölümünde,

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Dr. Ayşe Kavak, Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Prof. Dr. Türkan Saylan Dermatoloji ve Lepra Kliniği Bakırköy, İstanbul, Türkiye E-posta: ays\_kavak@excite.com

*Türkderm-Deri Hastalıkları ve Frengi Arşivi Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.  
Turkderm-Archives of the Turkish Dermatology and Venerology, published by Galenos Publishing.*

radyasyonun biyolojik etkileri dalga boyu ile oldukça değişir. Bunun için UV spektrumu 3 bölgeye ayrılmıştır. Farklı disiplinlerce farklı sınıflandırmalar mevcut olup, dalga boyları arasında aslında keskin bir sınır yoktur. Bazı otörler UVA ile UVB arasındaki sınırı 320 nm, bazıları ise 315 nm'yi kabul eder. Bu nedenle bandlar arasında bir "üst üste gelme" den bahsedilebilir<sup>1,4</sup>. Dermatologlar ve çevre bilimcilere göre UVA 400-320, UVB 320-290 ve UVC 290-200 nm olarak tanımlanır (Şekil 1)<sup>3,6</sup>.

#### UVC (200-290 nm)

Atmosferde ozon ve su buharı tarafından filtre edildiği için dünyaya ulaşmayan ışınlardır. UVR'un en kısa dalga boyu olduğu için "kısa dalga UV", sterilizasyonda ve mikroorganizmaları öldürmek için kullanıldığından "germisidal ışın" gibi isimler de kullanılır<sup>1,2</sup>.

#### UVB (290-320 nm)

UV radyasyonun en biyolojik aktif dalga bandı olup başlıca eritemden sorumludur. "Orta dalga UV" veya "güneş yanığı UV radyasyonu (sunburn UV radiation)" olarak da bilinir<sup>1</sup>. UVB deri kanserinden en fazla sorumlu olan ışınlardır. Solar UVB'nin büyük bir bölümü ozon tarafından engellenir. Bu nedenle son yıllarda atmosferik ozondaki azalmanın deri kanseri sıklığını arttırmıştı endişe edilmektedir<sup>2</sup>.

#### UVA (320-400 nm)

UVR'un en uzun ve UVB'den daha az biyolojik aktif dalga boyudur. Asıl olarak pigmentasyondan, daha az eritemden sorumludur. "Uzun dalga UV" ya da görünür ışığa yakın olduğu için "yakın UV radyasyon (near UV radiation)", gözle görülmediği için de "siyah ışık" olarak adlandırılır. Atmosferik ozon, UVA'nın çok küçük bir kısmını absorbe eder. 2 UVA-1 (340-400 nm) ve UVA-2 (320-340 nm) olarak alt bölümlere ayrılmıştır<sup>5</sup>. Bu ayırımın nedeni, DNA ve diğer moleküllerde farklı fotokimyasal reaksiyonları indüklemesidir. UVA-1 oksijen bağımlı fotokimyasal reaksiyonları indüklerken, UVA-2 DNA molekülleri tarafından direkt absorpsiyonla UVB tipi fotokimyasal reaksiyonu indükler<sup>1</sup>.

#### Görünür Işık

Gözle görünebilen radyasyon için ışık terimi daha uygun bir adlandırma iken, diğer dalga boyları için radyasyon daha doğru bir terimdir. Görünür spektrum 400-760 nm olarak kabul edilir. Görünür ışıkta 6 renk bölgesi tanımlanmıştır<sup>1</sup>.

## 2. Noniyonize Radyasyon Kaynakları

Güneş ışığı, tıpta kullanılan ilk noniyonize radyasyon kaynağıdır. Ucuz ve bazı bölgelerde yıl içerisinde bol miktarda bulunan bir kaynak olması nedeni ile bazı merkezlerde kullanımı halen devam etmektedir. Buna rağmen yapay kaynaklar, fleksibilitésinden dolayı güneş ışığının yerini almıştır.

#### Güneş

Solar radyasyon, fototerapideki UVB ve fotokemoterapideki UVA radyasyonun kaynağı olarak yüzyıllardır kullanılmaktadır. En önemli dezavantajı, yılın her günü ve her anı mevcut olmaması ve "açılıp kapanmaması"dır. Güneşin yıl ve gün içindeki ana değişimi, özellikle UVB içeriğindedir. Bunun 2 nedeni vardır: 1. UVB, stratosferik ozon tabakası tarafından absorbe olur. 2. Kısa dalga boyları daha çok saçılır ve uzun dalga boylarına göre daha çok molekül tarafından absorbe edilir<sup>1</sup>.

#### Floresan Lambalar

Floresan lamba, fosforla kaplanmış bir zarftan oluşan düşük basınçlı civa buharı lambasıdır. Yani cam tüpün içerisinde düşük basınçta civa buharı, elektronların kaynağı olan bir filament ve fosfordan meydana gelir. Noniyonize radyasyonun sık kullanılan bir kaynağı olan bu lambalar birçok avantaja sahiptir:

1. Ucuzdur.
2. Güvenilir ve uzun ömürlüdür.
3. Büyük alanları aydınlatabilme kapasitesi bulunur.
4. Sürekli emisyon spektrumu sağlar. Belirli bir spektrum içinde tüm dalga boylarını sunar.
5. Farklı fosforların kullanımı ve kombinasyonu ile amaca uygun bir spektrum oluşturma kapasitesi mevcuttur.

Bununla beraber pratikte bazı dezavantajları da vardır:

1. İlk birkaç dakikada değişken bir çıkış enerjisi vardır. Bu yüzden ışınımı ölçmeden ve tedaviye başlamadan önce 5-10 dakika beklenerek stabilize olması sağlanmalıdır.
2. Lambalar ortam sıcaklığına duyarlıdır ve örneğin yetersiz havalandırma sonucu yüksek sıcaklık nedeniyle, düşük güce ve emisyon spektrumunda değişikliklere neden olabilir.
3. Floresan lambanın uçları merkeze göre daha az güce sahiptir ve el-ayak gibi bölgelerin tedavisinde bu özellik önemli olabilir.
4. Floresan lambalarda maksimum güç sınırlıdır. UVA-1 fototerapide biyolojik etki üretmek için yüksek dozlar gerektiğinden, bu özellik önemli olabilir<sup>1,5</sup>.

#### Yüksek Basınçlı Civa Buharlı Lambalar

Otuz yıl önce fototerapide kullanılan gözde lambalardan biriydi. Sıcak kvartz ('hot quartz') olarak da bilinir. Başlıca avantajı, yüksek UVB kaynağı olmasıdır. Birkaç dakikadan daha az bir sürede minimal eritem dozu elde edilebilir. Dezavantajları da vardır: yüksek miktarda infrared radyasyon ve ısı açığa çıkarır ve iyi havalandırma gerektirir. Deriye çok yakın mesafede tutulamaz. Yüksek bir basınçla çalıştığından, sabit, istikrarlı bir enerji sağlamak için 10 dakika kadar bir ısınma süresi gerekir. Aydınlatılabilen alanın büyüklüğü sınırlıdır. Bu yüzden bazı alanlar tedavisiz kalırken, bazı alanlarda fazla maruziyet görülebilir<sup>1,5</sup>.

#### Metal Halojenürlü Lambalar

Bronzlaşma amacıyla oldukça popüler olan bu lambalar, tedavi için daha az kullanılır. Temel dezavantajı, pahalı ve küçük bir aydınlatma alanına sahip olmasıdır<sup>1</sup>.

#### Wood Lambaları

Pik emisyonu 365 nm'de sağlayan nikel oksitli, yüksek basınçlı civa buharlı lambalardır. Kısıtlı spektrumu, düşük enerjisi ve küçük boyutu nedeni ile pigmentasyon bozukluklarında tanı amaçlı kullanılır<sup>1</sup>.

## 3. Dozimetri

Foto(kemo)terapideki en önemli özelliklerden biri de farklı merkezlerde hastaların aldığı dozların doğru ve aynı olması yanında, karsinogenez riskinin en az olması ve optimum tedavinin sağlanmasıdır<sup>7</sup>. Klinik tecrübe yanında, ışınımın doğru ölçülmesi bu nedenlerle önemlidir. Radyometreler, yüzeydeki ışınımı en az hata ile ölçen cihazlardır<sup>8</sup>. Üç tip ölçüm yapılabilir: spektrometre, kişisel dozmetre ile geniş ve dar band radyometre<sup>7,9</sup>. Benzer yöntemlerle kalibre edilmelerine rağmen, farklı radyometrelerle ölçülen ışınımlarda önemli farklılıklar olabilir<sup>10</sup>. Radyometrelerin kalibrasyonu için floresan lambalar

kullanılabilmekle birlikte en ideali, kalibre edilmiş spektrometreler ile karşılaştırma yapılmasıdır. Spektrometrelerin kalibrasyonu için kullanılan standart kaynaklar ise ağır hidrojen ya da tungsten lambalardır<sup>8</sup>. Günümüzde daha doğru ölçüm ve az hata için farklı cihazlar üzerinde çalışılmaktadır<sup>7</sup>.

#### 4. Işınım Kaynakları ve Dozimetri İle İlgili Bazı Sorular ve Cevapları

##### Deri Hastalıklarında Işık Tedavisinde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Bazı Özellikler Nelerdir?

Deri hastalıklarının bazılarında deri optiği büyük oranda değişebilir. Vitiligoda olduğu gibi melanin kaybı, epidermiste absorpsiyonu azaltır. Böylece UV'ye duyarlılık artar ve daha kolay eritem oluşur. Atrofik deri hastalıklarında, epidermin yansıtıcı yüzeyinin kaybı nedeni ile benzer etkiler görülür. Hiperpigmentasyon ve hiperkeratoz ise ters etkilere neden olur. Psoriasisde olduğu gibi kalın plaklar neredeyse tamamen beyazdır. Böylece görünür ışığın, benzer olarak UV'nin çoğunu geri yansıtır. Bu özelliğin klinik sonucu fototerapiye dirençtir. Ancak, bu özelliklerin bilinmesi ile derinin optik özellikleri terapötik avantaj sağlamak amacıyla değiştirilebilir. Fototerapi alan psoriasis hastalarında nemlendirici gibi basit uygulamalar ile skuların arası doldurulur, yansıma azaltılmış olur ve geçiş artırılır. Epidermin fototerapi öncesi, retinoid gibi bir ajanla inceltmesi de tedavi etkinliğini artırabilir<sup>1</sup>.

##### UVR Eriteminin Oluşmasında Etkili Bazı Faktörler Nelerdir?

Eritem, UVR'a vasküler yanıtın bir yansımasıdır ve genellikle bifaziktir. Hemen oluşan eritem hafif bir kızarıklık şeklindedir, maruziyetten hemen sonra başlar ve yaklaşık 30 dakika sonra solarak kaybolur. Gecikmiş eritem ise 2-6 saat bir bekleme aralığı sonrası ortaya çıkar, 12-16 saatte en yüksek düzeye ulaşır ve birkaç günde geçer. Her iki faza, artmış vasküler permeabilite eşlik eder. "Güneş yanığı eritemi", genellikle gecikmiş eritem için kullanılır.

Eritemin oluşmasında rol oynayan bazı faktörler şöyle sıralanabilir:

**1. Dalga Boyu:** UVB bandı solar spektrumun en biyolojik aktif bölümüdür. Güneş ışığı maruziyetini takiben oluşan eritemin çoğundan sorumludur. Bununla beraber UVA da bu cevaba katkıda bulunur. UVB, UVA'dan 1000 kez daha aktif olmasına rağmen günışığında UVA daha çok bulunur.

**2. Doz:** Burada, doz-yanıt eğrisinin de göz önüne alınması gerekir. UVC eriteminde bu eğri daha düzdür. Yani UVC eritem açısından, gerekenden 10 kat arttırılsa da eritemin yoğunluğu artmayacaktır. UVB'yi eritem eşiğinin üzerinde 10 kat arttırmak ise bül ile sonuçlanır. PUVA eritemi için eşiğin üzerinde 10 kat artış, hastada ciddi rahatsızlığa yol açar. Çünkü doz-yanıt eğrisi dik bir eğridir.

**3. Bireysel Duyarlılık:** Pigmentasyon varlığı veya yokluğu derinin radyasyona cevabını etkileyen bir durumdur. Bunu belirleyen faktörler halen büyük ölçüde bilinmiyor. Fotoduyarlandırıcı maddelerin varlığı (ilaçlar, diyet içerikleri, topikal uygulanan maddeler gibi) radyasyona cevabı değerlendirirken göz önünde bulundurulmalıdır.

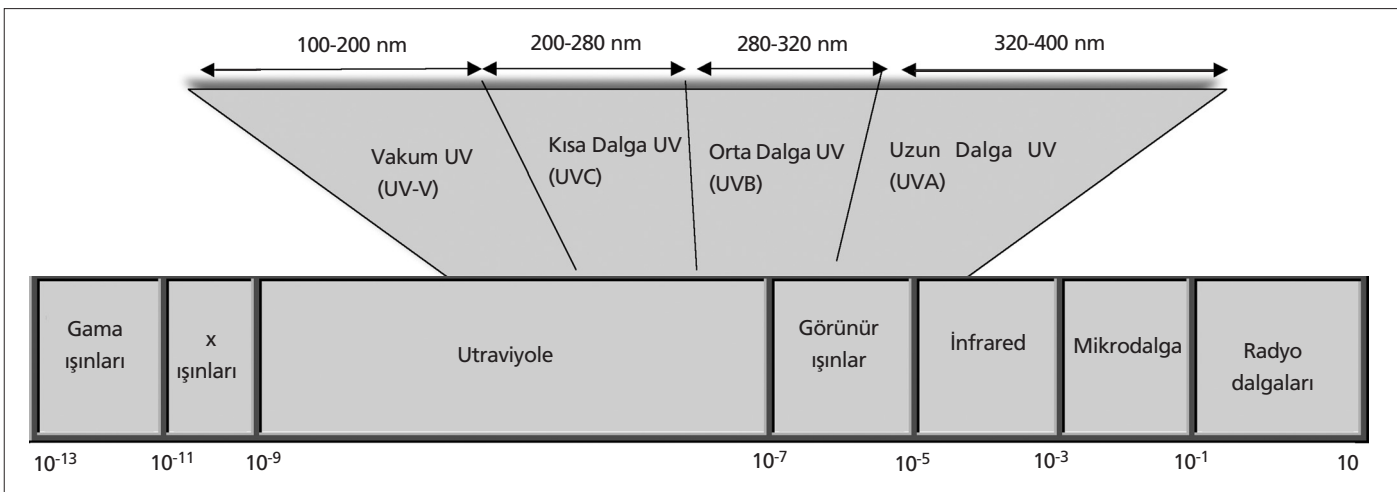
**4. Radyasyona Önceki Maruziyet:** Kış sonunda, sırt derisi ve gluteal bölge açık tenli kişilerde aynı renkte görünür. Kadınlarda, gluteal ve meme bölgesi, daha önce radyasyona maruz kalmamışsa önemli ölçüde daha düşük bir eşik yanıtı sahiptir. Yani tedavi almamış bireylerde bu bölgelerde eritem riski daha fazladır.

**5. Vücut Bölgesi:** Vücut deri hassasiyeti açısından kabaca 3 bölgeye ayrılabilir. Gövde, boyun ve baş, üst bacaklardan daha hassastır ve düşük dozda eritem gelişebilir. Üst bacaklar da alt bacaklardan daha hassastır. Yani alt ekstremiteler, hem yüksek dozları daha iyi tolere eder ve hem de tedaviye yanıt için daha yüksek doza ihtiyaç gösterir.

**6. Alan Büyüklüğü:** Küçük bölgelerde eritem daha az radyasyonla ortaya çıkar. Bu tedavide önemlidir. Çünkü tüm vücutta eritem olabilmesi için, 2x2 cm'lik bir test alanında eritem üreten UVB dozunun 2-3 katı gerekir<sup>1</sup>.

##### UVR Pigmentasyonu ile İlgili Bilinmesi Gereken Bazı Özellikler Nelerdir?

Derinin doğal rengi, en iyi güneşe maruz kalmayan gluteal bölgeden belirlenir. UVR'dan kaynaklanan pigmentasyon,



Şekil 1. Psikolojik ve çevresel stresörlerin uyarısıyla oluşan beyin-deri ilişkisi. Kısaltmalar: CRH: Corticotropin Releasing Hormone, ACTH: Adrenocorticotrophic Hormone, PRL: Prolactine, SP: Substans P, CGRP: Calcitonin-gene-related factor, NGF. Nerve Growth Factor, NK-1: Neurokinin 1, GC: Glucocorticoid, IL: Interleukin (Kaynak 56'dan uyarlanmıştır)

fakültatif bir pigmentasyon olarak tanımlanır. UVR'a melanositlerin yanıtı bifaziktir. Mevcut pigmentasyonu olan bireylerde UVA ile ani pigment koyulaşması görülür. Birkaç dakikada ortaya çıkar, bir saat içinde solar. Gecikmiş pigmentasyon, bronzlaşma, yeni melanin üretimini içerir ve günler içerisinde oluşup haftalar ve aylar sonra kaybolur.

Pigmentasyon gelişiminde etkili faktörler şöyle sıralanabilir:

**1. Dalga Boyu:** UVB'nin eritemojenik dozu önemli ölçüde pigmentasyona da neden olur. Tersine UVA'nın suberitemojenik dozları pigmentasyonda oldukça etkilidir. Başka bir deyişle, UVA belirgin bir inflamasyon olmadan bronzlaşma sağlayabilir.

**2. "Constitutive" Pigmentasyon:** Koyu deri tipi olan bireyler genellikle daha fazla pigmentasyon cevabı oluşturur.

**3. Yaş:** Açık deri tipinde yaş ile birlikte bronzlaşma azalır. Çocuk ve genç erişkinlerde bronzlaşma daha fazladır, bu cevap yaşlılarda minimal ya da yoktur.

**4. Deri Kalınlığı:** UV maruziyeti, epidermal hiperplazi nedenidir ve stratum korneum kalınlığı UV hasarına karşı major bir savunmadır<sup>1</sup>.

**Fotosensitif Dermatozu olan Hastalarda Ev/İşyerindeki Akkor, Floresan ya da Halojen Lamba gibi Aydınlatma Kaynaklarının Riski Nedir?**

Fotosensitif dermatolojik ve sistemik hastalıklarda konut aydınlatma lambalarının riski ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Yaygın konut aydınlatma lambalarının UVR enerjisinin verilerine dayanarak, hastaların bu iç aydınlatmadan gelen potansiyel riskler konusunda dikkatli olması gerektiği tavsiye edilir. Pilot bir çalışma, konutlardaki UVA ve UVB sızıntı seviyelerini karşılaştırmıştır<sup>11</sup>. Eşit voltajda kompakt floresan lamba (korunmalı ve korunmasız), akkor ve halojen ampullerin UVA ve UVB çıkışları ışık kaynağından 10, 25, 50, 100 ve 150 cm uzaklıkta radyometre ile ölçülmüştür. 100 ve 150 cm uzaklıkta hiçbir kaynaktan önemli bir ışınım (UVA ve UVB) gözlenmemiştir. Sonuçta, akkor ve halojen lambalardan yüksek miktarda UVA, kompakt floresan lambalardan ise UVB sızıntısı tespit edilmiştir. UVA ve UVB sızıntısı, korunmalı kompakt floresan lambalarda en az gözlenmiştir<sup>11</sup>. Bir başka çalışma, özellikle kronik aktinik

dermatiti olan hastalarda en güvenli aydınlatma sisteminin korunmalı kompakt floresan lambalar olduğunu desteklemektedir<sup>12</sup>. Bu çalışma da, önceki çalışmaya benzer şekilde lambadan uzaklığın önemini vurgulamaktadır<sup>12</sup>.

**UVR ve Klimatoloji ile İlgili Bilinmesi Gerekenler Nelerdir?**

Güneş ışınlarının kuvvetli olduğu bir yaz günü, öğle saatlerindeki 4 saatlik dönemde %50-60 UVR alınır. Topikal ve ılıman iklimlerde (20-60° enlem) (öğle 13:00 kabul edilir), 10:30-11:30 arası ile öğleden sonra 16:30 'dan gün bitimine kadar olan süreçte bir kişi UVR'un %81'inden sakınmış olur<sup>3</sup>.

## Kaynaklar

1. Morison WL: Phototherapy and photochemotherapy of skin disease. 3'üncü Baskı. Boca Raton. Taylor&Francis Group, 2005; 1-31.
2. Zeman G. Ultraviolet radiation. <http://www.hps.org/hpspublications/articles/uv.html>. December 18, 2009.
3. Diffey BL: Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods* 2002;28:4-13.
4. Sliney DH: Optical radiation safety of medical light sources. *Phys Med Biol* 1997;42:981-96.
5. IARC Working Group Reports: Physical characteristics and sources of exposure to artificial UV radiation. <http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wrk/wrk1/ArtificialUVRad&Skin4.pdf>. 2005. <http://qwickstep.com/search/uv-light-wavelengths.html>. 2008.
6. Oliver H, Moseley H: The use of diode array spectroradiometers for dosimetry in phototherapy. *Phys Med Biol* 2002;47:4411-21.
7. Martin CJ, Pye SD: A study of the directional response of ultraviolet radiometers: II. Implications for ultraviolet phototherapy derived from computer simulations. *Phys Med Biol* 2000;45:2713-29.
8. Pye SD, Martin CJ: A study of the directional response of ultraviolet radiometers: I. Practical evaluation and implications for ultraviolet measurement standards. *Phys Med Biol* 2000;45:2701-12.
9. Martin CJ, Curie GD, Pye SD: The importance of radiometer angular response for ultraviolet phototherapy dosimetry. *Phys Med Biol* 1999;44:843-55.
10. Nuzum-Keim AD, Sontheimer RD: Ultraviolet light output of compact fluorescent lamps: comparison to conventional incandescent and halogen residential lighting sources. *Lupus* 2009;18:556-60.
11. Eadie E, Ferguson J, Moseley H: A preliminary investigation into the effect of exposure of photosensitive individuals to light from compact fluorescent lamps *Br J Dermatol* 2009;160:659-64.