แสงอัลตราไวโอเลตทำลายเซลได้อย่างไร

สมบัติ คงวิทยา

บทนำ

รังสีอัลตราไวโอเลตเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ได้ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1801 จากการศึกษาปรากฏการณ์ของรังสีกับเงินคลอไรด์ โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ โจฮันน์ ริตเตอร์ จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเงินคลอไรด์เป็นสีดำ ทำให้เขาเชื่อว่า รังสีอัลตราไวโอเลตนั้นมีพลังงานแฝงอยู่

รังสีอัลตราไวโอเลตอยู่ในกลุ่มรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 40 ถึง 4000 แองสตรอม (1 แองสตรอม = 10^{-10} เมตร) เป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ส่วนใหญ่แสงช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวจะออกมาพร้อมกับแสงในช่วงคลื่นอื่นๆ ที่เรามองเห็น โดยเฉพาะบริเวณแสงสีม่วง เราพบว่าคลื่นแสงต่างๆ ที่มีแสงอัลตราไวโอเลตออกมานั้น มักจะมีสีค่อนไปทางสีม่วง

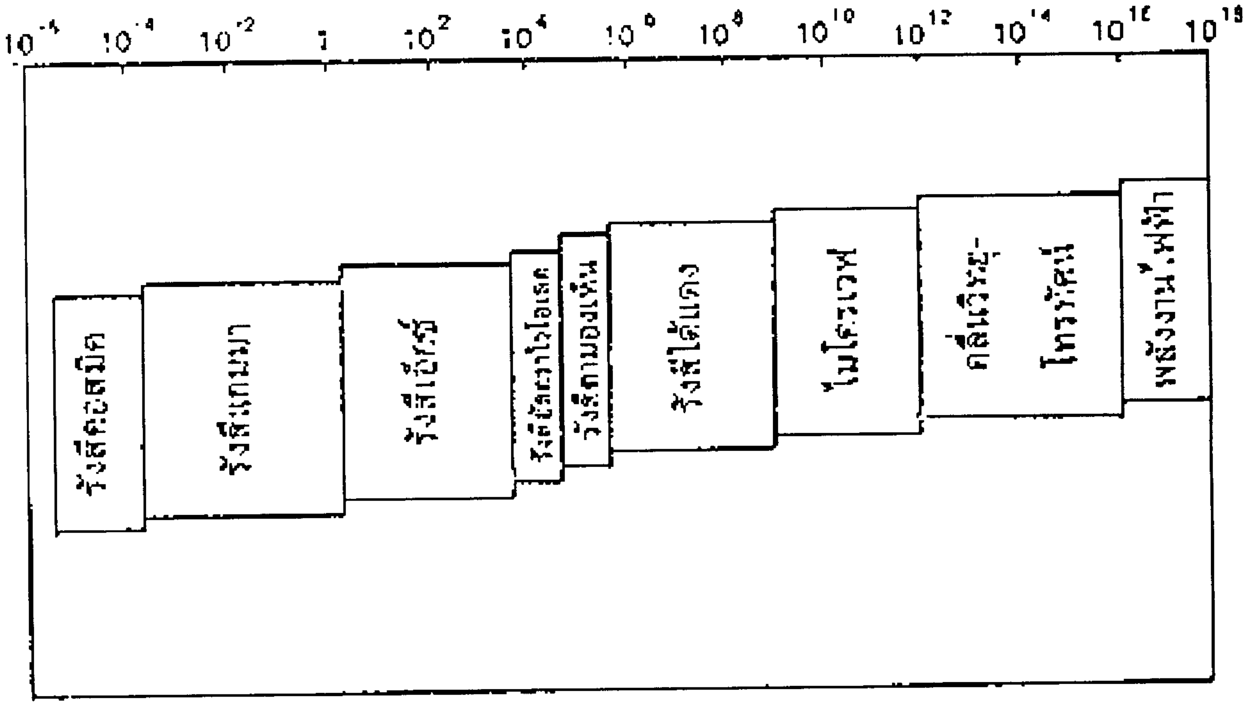
ช่วงความยาวคลื่นแสงต่างๆ ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเริ่มตั้งแต่ 10^{-6} แองสตรอม ถึง 10^{18} แองสตรอม (ดูรูปที่ 1.) บริเวณรังสีอัลตราไวโอเลต แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. อัลตราไวโอเลต เอ หรือ อาจเรียกว่าอัลตราไวโอเลตคลื่นยาวหรือช่วงอัลตราไวโอเลตใกล้ มีความยาวคลื่นระหว่าง 3200 ถึง 4000 แองสตรอม
2. อัลตราไวโอเลต บี หรือ อาจเรียกว่าอัลตราไวโอเลตช่วงกลาง มีความยาวคลื่นระหว่าง 2800 ถึง 3200 แองสตรอม
3. อัลตราไวโอเลต ซี หรือ อาจเรียกว่าอัลตราไวโอเลตคลื่นสั้น หรือ ช่วงอัลตราไวโอเลตไกล มีความยาวคลื่นระหว่าง 2200 ถึง 2800 แองสตรอม

ส่วนรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 2000 แองสตรอม เรียกว่า ช่วงอัลตราไวโอเลตสูญญากาศ

แหล่งกำเนิดแสงรังสีอัลตราไวโอเลตแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติและแหล่งกำเนิดที่มนุษย์ทำขึ้นมาเอง แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติที่มีอิทธิพลสูงสุดในโลกได้แก่ ดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด ยกเว้นรังสีแกรมมาซึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีและปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่ให้รังสีแกรมมา แต่จะกลายเป็นรังสีอื่นก่อนมาสู่โลก และส่วนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่มนุษย์ทำขึ้นมาเอง เช่น การเผาปรอท ถ่านและเหล็กจากการอาร์คไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

แสงอาทิตย์	มีอัลตราไวโอเลต	ร้อยละ	2-9
คาร์บอนอาร์ค	”	”	5
ทังสเตน อาร์ค	”	”	16
ตะเกียงเมอร์คิวรี	”	”	28
เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	”	”	10
เครื่องเชื่อมโดยใช้ก๊าซอะเซทิลีน	”	”	4



ความยาวคลื่น : แองสตรอม

รูปที่ 1. แสดงสเปกตรัมช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า

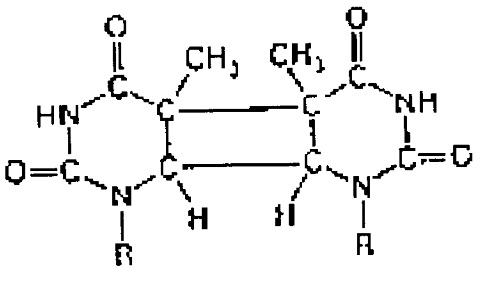
การแผ่รังสีอัลตราไวโอเลตที่ได้จากแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ และแหล่งที่มนุษย์ทำขึ้นมาเองนั้น ย่อมมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดประโยชน์หรือเกิดโทษก็ได้ขึ้นกับปริมาณรังสีในแต่ละกรณี

การทำลาย DNA ของแสงอัลตราไวโอเลต

แสงอัลตราไวโอเลตสามารถฆ่าเซลได้ โดยการทำลาย DNA ของเซล แสงเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของ thymine base 2 โมเลกุล ซึ่ง thymine base นี้เป็นส่วนประกอบของ DNA ผลของ thymine base จับกันทำให้เกิด thymine dimer ซึ่งจะจับยึดกันแน่นมาก (ดูรูปที่ 2) ส่วนการซ่อมแซมของส่วนของ DNA ที่มีปัญหานี้ ปกติแล้ว DNA จะใช้วิธี excision repair หรือ การกำจัดเบสที่มีปัญหาออกไปแล้วเติมส่วนของ nucleotides ตัวใหม่ ด้วยเบสที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ (ดูรูปที่ 3) อย่างไรก็ตาม การซ่อมแซมส่วนของ DNA ใหม่นี้ จะเกิดขึ้นได้เมื่อ DNA ถูกทำลายได้ขยายผลกว้างออกไปมากพอที่จะยีน p53 ถูกกระตุ้นให้มีการซ่อมแซม DNA ส่วนนี้ต่อไป

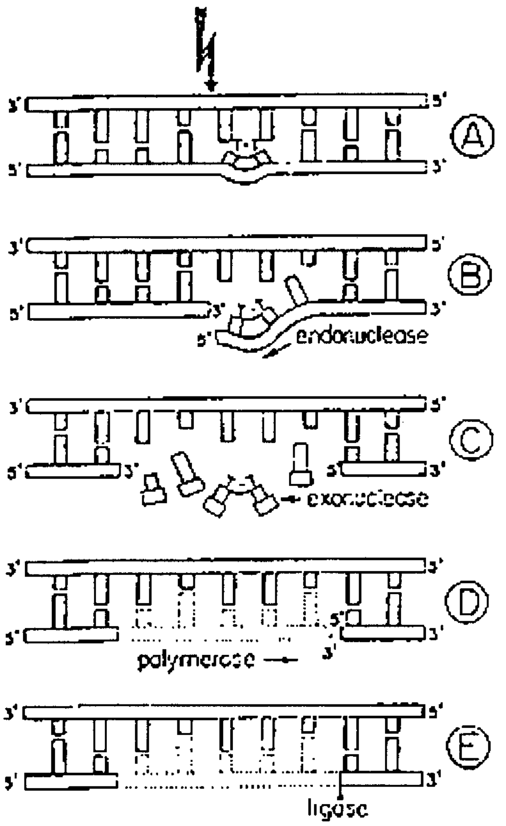
หากมีการรับแสงอัลตราไวโอเลตเป็นเวลานานๆ thymine dimer ถูกสร้างขึ้นในปริมาณที่สูง จนกระทั่งการเพิ่มปริมาณ thymine dimer มากเกินกว่าที่ DNA จะซ่อมแซมได้ กระบวนการต่างๆ ภายในเซลก็จะถูกรบกวนเนื่องจากภาวะของการซ่อมแซมส่วนของ DNA ผิดพลาดไป จนเป็นเหตุให้กิจกรรมของเซลผิดพลาดตามไปด้วย พฤติกรรมของเซลที่ถูกทำลายนี้เป็นที่มาของภาวะโรคมะเร็งหรือภาวะเริ่มแรกในการเกิดโรคมะเร็งโดยที่ยีน p53 จะทำให้เกิดการแบ่งตัวของเซลถูกสร้างมากขึ้นอย่างผิดปกติกลายเป็นเซลมะเร็งในที่สุด

ด้วยความรู้ที่ว่า แสงอัลตราไวโอเลตฆ่าเซล เพราะการสะสมของ DNA ที่เสียสภาพ ยีน p53 จะสร้างโปรตีนซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวน 393 เรสซิดิวซ์. ทำหน้าที่ได้หลายอย่างภายในเซล แต่ที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งคือ การควบคุมขั้นตอนการเจริญเติบโตของเซล ตัวโปรตีนนี้ทำงานเป็นตัว tumor suppressor ด้วยการยับยั้งการเจริญเติบโตที่ผิดปกติในเซลปกติ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ในทางกลับกันหากว่าเซลที่เสียหายมีความรุนแรง เกินกว่าที่จะซ่อมแซมได้ โปรตีนจากยีน p53 นี้จะกระตุ้นในเซลเกิดการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วจนทำให้เกิดโรคมะเร็งในที่สุด



Thymino dimer

รูปที่ 2. แสดงการเกิด thymino dimer



รูปที่ 3. แสดงขั้นตอนการซ่อมแซม DNA เนื่องจากการเกิด thymine dimer

A. ภาวะการเกิด thymine dimer เนื่องจาก แสงอัตราไวโอเลต

B. เอนไซม์ endonuclease เข้ามาตัดส่วนของ thymine dimer

C. เอนไซม์ exonuclease ตัดชิ้นส่วนของ thymine dimer ออกไปจากสาย DNA

D. เอนไซม์ DNA polymerase จะสร้างส่วนของ DNA ที่ถูกต้องจาก 5 ไป 3

E. เอนไซม์ DNA ligase เชื่อมส่วนของ DNA ที่สร้างใหม่กับส่วน DNA เก่า เข้าด้วยกันด้วย

การซ่อมแซม DNA เนื่องจากแสงอัตราไวโอเลต (The repair of Ultraviolet light-induced DNA)

ภาวะของยีนที่มีการรับแสงอัลตราไวโอเลตซี ที่รุนแรงแล้วก่อให้เกิด cyclobutane dimer และ pyrimidine (6-4) pyrimidone ยีนจะมีแนวทางอย่างน้อยสองแนวทางสำหรับการซ่อมแซม คือ cyclobutane dimers-excision rapair ซึ่งสามารถกระทำได้ในที่มืด และอีกวิธีหนึ่งคือ photoreactivation ซึ่งกระบวนการนี้จะอาศัย เอนไซม์ photolylase และแสงวิสิเบิลมา ทำให้พันธะโควาเลนท์ที่เชื่อมติดกันของ purimidines ในโมเลกุล cyclobutane dimer

ภาวะโรคมะเร็งผิวหนังเนื่องจากแสงอัลตราไวโอเลต

รังสีอัลตราไวโอเลตโดยทั่วไปมีประโยชน์ต่อมนุษย์ โดยการเปลี่ยนสารที่ผิวหนังของ 7-Dehydrocholesterol ให้เป็นวิตามินดี 3 ซึ่งช่วยในการป้องกันโรคกระดูกอ่อน (rickets) ในเด็กอันเนื่องจาก เกิดความผิดปกติของการใช้ฟอสฟอรัสและแคลเซียมในร่างกาย และเกิดโรคกระดูกอ่อนในผู้ใหญ่ (osteomalacia) ได้เช่นกัน นอกจากนี้การขาดวิตามินดี 3 ทำให้ฟันอาจผุได้ง่ายอีกด้วย ส่วนของกระดูกซึ่งไม่สมบูรณ์นี้มีผลต่อเนื่อง ทำให้ระบบป้องกันและทำลายเชื้อโรคของร่างกายแปรปรวนตามไปด้วย ร่างกายจึงต้านทานโรคได้น้อยลง

รังสีนี้มีผลต่อคนอย่างเฉียบพลันและเรื้อรัง แสงแดดกล้าทำให้ผิวไหม้ (erythema solare หรือ sunburn) ช่วงคลื่นของรังสีอัลตราไวโอเลตที่ทำให้เกิดผิวไหม้รุนแรงที่สุด คือ 2500 แองสตรอม และ 2970 แองสตรอม ซึ่งเป็นรังสีช่วง ซี และช่วงบี

มะเร็งผิวหนังซึ่งเกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลตนี้แบ่งออกได้ 3 ประเภทคือ

ก. มะเร็งที่เกิดบริเวณหนังกำพร้า (Basal Cell Carcinoma) จะค่อย ๆ ลุกลามทีละน้อย ๆ หรือเกิดเป็นตุ่มประกอบด้วยกลุ่มเซลแต่ไม่ลุกลามไปส่วนอื่น ๆ

ข. มะเร็งที่มีการเกิดเนื้องอกอย่างชัดเจน (Squamaous Cell Carcinoma) มีลักษณะเป็นตุ่มประกอบด้วยกลุ่มเซล กระตุ้นให้เกิดผิวหนา (keratin) เซลที่เกิดจะมีรูปร่างต่างไปจากปกติ ถึงแม้จะไม่ลุกลามไปยังอวัยวะอื่น ๆ แต่อาจจะทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ คนผิวขาว หรือ ผิวแห้งมีโอกาสเป็นมากกว่าคนอื่น ๆ มะเร็งผิวหนังทั้งสองชนิดแรก มักเกิดที่คอและศีรษะเป็นส่วนใหญ่

ค. มะเร็งที่เกิดจากการอักเสบ (Malignant Melanoma) มีหลายลักษณะ แต่ที่พบบ่อยที่สุดนั้น มักจะเกิดเป็นตุ่มหรือเม็ดพองใสเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ผู้ป่วยมักคันและเกา ผิวหนัง

ซึ่งแห้งในขั้นต้นจึงหนาและหยาบกร้านขึ้น ส่วนใหญ่พบที่บริเวณหน้าและขา มะเร็งประเภทนี้มีอันตรายถึงชีวิตมากกว่าสองประเภทแรก

การรับรังสีอัลตราไวโอเลตในระยะยาวมีผลอย่างเรื้อรังต่อตาด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะรังสีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 3200 แองสตรอมจะถูกเซลเยื่อบุชั้นนอกของนัยน์ตา (conjunctiva) และผิวตาดำ (Cornea) ซึ่งจะดูดซึมเอารังสีไว้ไม่ให้ผ่านลงไปลึก อาการเริ่มแรกคือรู้สึกระคายเคืองตาคล้ายมีผงอยู่ข้างใน ถ้าถูกแสงไม่มากอาจรู้สึกเพียงเท่านี้ หลังจากพักผ่อนอย่างเพียงพอแล้วทุกอย่างก็จะหายไป แต่ถ้ารับรังสีที่มากเกินไป จะรู้สึกระคายเคืองอย่างรุนแรง คล้ายๆ กับตาทั้งลูกนั้นมีเม็ดกรวดเม็ดทรายเต็มไปหมด ทำให้เจ็บปวด แล้วมีการปวดลึกๆ ในตา ถ้าผู้ป่วยพยายามเคลื่อนไหวตาหรือลืมตา หรือเข้าใกล้แสงสว่างจะมีอาการต่างๆ เพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นอันตรายจึงเกิดเนื่องจากแสงอัลตราไวโอเลตนี้ต่อดวงตาที่พบเห็นได้คือ หนังตาแดง ร้อน เยื่อตาอักเสบ หนาตัวขึ้นอาจเกิดต้อเนื้อ ผิวหน้าตาแก้วตาดำหลุด ถลอก

การป้องกันอันตรายจากแสงอัลตราไวโอเลต

วิธีการป้องกันเพื่อให้เราได้รับรังสีน้อยลงมีดังนี้

1. ใช้ครีมกันแดด (sunscreen) ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ปัจจุบันมีจำหน่ายอย่างแพร่หลาย ส่วนมากประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น พารา-อะมิโนเบนโซอิก แอซิด และ เอสเทอร์ของมัน ไดออกซิเบนโซน ทิทาเนียมไดออกไซด์ ทัลคัม และซิงค์ออกไซด์ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีคุณสมบัติในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตโดยทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตไว้ สำหรับการเลือกผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ต้องพิจารณาค่า SPF (sun protection factor) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างระดับแสงแดดที่จะทำให้ผิวหนังไหม้อย่างอ่อนเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงกับระดับแสงที่ผิวหนังไหม้เมื่อไม่ใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสง ยิ่งค่า SPF สูงเท่าใด จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันผิวจากแสงแดดได้มากและสิ่งที่ต้องพิจารณาอีกประการคือ ควรเลือกชนิดครีมที่ติดอยู่กับผิวหนังได้นาน

2. เสื้อผ้าบางชนิดที่เราสวมใส่ ก็สามารถช่วยป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้

3. สำหรับผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเลต ควรสวมแว่นตาป้องกันแสงด้วยหรือพยายามใช้เครื่องมือนั้นให้น้อยที่สุด

4. ระมัดระวังใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทกระป๋องสเปรย์ เพราะผลิตภัณฑ์ประเภทกระป๋องสเปรย์มีสารฟลูออโรคาร์บอน ซึ่งสามารถทำลายโอโซนในบรรยากาศของโลกได้ ทำให้ปริมาณโอโซนลดลง จึงทำให้รังสีอัลตราไวโอเลตในช่วงความยาวคลื่นที่มีอันตรายต่อมนุษย์มาถึงโลกมากขึ้น

จะเห็นได้ว่ารังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์และจากแหล่งอื่นๆ ที่มนุษย์ผลิตขึ้นได้เองนั้น มีประโยชน์มากมาย ทั้งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวเราเอง เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และสิ่งแวดล้อม แต่ก็ยังมีโทษได้เช่นกัน หากขาดความระมัดระวังแล้ว เซลซึ่งเป็นส่วนประกอบของร่างกายจะได้รับอันตรายที่จะเกิดจากแสงอัลตราไวโอเลตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ฉะนั้นเพื่อไม่ให้ร่างกายของเราได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตที่นานเกินไป เพื่อไม่ให้เกิดผลเสียหายขึ้นได้แก่เซล เราจะต้องหลีกเลี่ยงหรือรับปริมาณรังสีนี้ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. คุณและโทษของรังสีอัลตราไวโอเลต. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**, กันยายน 2531, ฉบับที่ 118, หน้า 17-20.

กรมอนามัย. **โลกร้อน.** กรุงเทพ : กรมอนามัย, 2533, หน้า 20-33.

จีรเมท กาญจนรัณย์.ความรู้เกี่ยวกับอัลตราไวโอเลต. **วิทยาสารทันตแพทย์ศาสตร์**, มกราคม-กุมภาพันธ์, 2520, ปีที่ 27, ฉบับที่ 1, หน้า 22-24.

ปริศนา เหมสุจิ. แดดอันตราย. **วารสารทักษะ**, พฤศจิกายน, 2525, ฉบับที่ 43, หน้า 57-59.

วรวุฒิ ศศิสุกลพร. UV ผู้ทำลายสิ่งแวดล้อม. **สารสิ่งแวดล้อม**, มิถุนายน-กรกฎาคม, 2520, ปีที่ 3 ฉบับที่ 4, หน้า 46-53.

อัจฉรา พันธุ์อำไพ. มันมากับความมืด. **วารสารวิทยาศาสตร์**, พฤศจิกายน, 2523, ปีที่ 34, ฉบับที่ 11, หน้า 840-848.

DeRobertis, E.D.P., Saez, Francisco A., and DeRobertis, E.M.F. Cytochemistry of the nucleus, the cell cycle, and DNA duplication. **Cell biology**. 6th ed. Philadelphia : W. B. Saunders. co., 1975, p. 375.

Koller, Lewis R. **Ultraviolet rediation**. 2nd ed. New York : Wiley, 1965.

McCready. The repair of ultraviolet light-induced DNA, Available : http://www.elsevier.nl/journals/dnarep/jnl/articles/S0921877796000183/00000002html.

Solomons. Fundamental of organic chemistry. 5th ed. New York : Wiley, 1997. p. 1031-1032.

Stillwell.G.Keith. Therapeutic eletricity and ultraviolet radiation, 3rd ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1983.

Tong, Ramond. How does ultraviolet light kill cell? Available : http://www.sciam.com/askexpert/chemistry/chemistry 14/chemistry 14 html.

United Nation Environmental Programme, the World Health Organization and the Internation Radiation Protection Association. **Ultraviolet radiation**, Geneva : World Health Organization, 1979. 110p. (Environmental Health Criteria 14)