บทที่ 6

การประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด

การประมาเณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดดยังไม่มีวิธีที่เป็นมาตรฐานชัดเจนเหมือนกับการวัดความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตบี (SPF : Sun protection factor) [27,28] ค่า SPFสามารถทำนายความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตบีแต่ไม่สามารถทำนายความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า แม้ว่าสารกันแดดมีค่า SPF สูง แต่อาจจะมีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอไม่ต่างจากสารกันแดดที่มีค่า SPF ต่ำ[47]

I. ปฏิกิริยาของผิวหนังที่ใช้ในการประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด

การประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด มีการศึกษาอย่างกว้างขวางทั้งในคนและสัตว์ทดลองในช่วงระยะ 10 ปีที่ผ่านมา หลักการคือ การประมาณอัตราส่วนของปริมาณของรังสีอัลตราไวโอเลตเอ ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาของผิวหนังบริเวณที่ทาสารกันแดดต่อปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาในบริเวณผิวหนังปกติ การศึกษาในคนนั้นปฏิกิริยาของผิวหนังที่ใช้เป็นตัววัดมีดังต่อไปนี้

1. Immediate pigment darkening (IPD) [16,36,37,47,48,49,50] หมายถึง การวัดปฏิกิริยาผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีคล้ำที่เกิดขึ้นทันทีภายในเวลาเป็นนาทีหรือชั่วโมงหลังจากได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตช่วงคลื่น 300 – 420 นาโนเมตร ซึ่งเป็นรังสีอัลตราไวโอเลตเอโดยส่วนใหญ่ สีผิวที่เห็นจะเป็นสีน้ำตาลอมน้ำเงินเทา [37] เป็นวิธีที่ดี เนื่องจากใช้ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอ ปริมาณน้อย คือ 5-15 จูล/ซ.ม.^{2} และไม่ต้องใช้สารที่มีคุณสมบัติกระตุ้นรังสีอัลตราไวโอเลต (Photosensitizer) แต่มีข้อเสียคือ ผิวสีคล้ำนั้นเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และจางลงไปอย่างรวดเร็ว อาจวัดได้ไม่แม่นยำ [36,37] และปฏิกิริยาชนิดนี้มักไม่เกิดกับคนผิวขาว (Skin type I-II) [16,36,37,50] พบว่าเมื่อเปรียบเทียบ การประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอด้วย IPD และ PPD (ดูข้อ 2) นั้นพบว่าผลไม่แตกต่างกัน [6,16,48]

2. Persistent pigment darkening (PPD) หรือ delayed pigment darkening (DPD) [6,16,20,37,38,48,50] หมายถึง การที่ผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีคล้ำภายหลังจากรับรังสีอัลตราไวโอเลตนานกว่า 2 ชั่วโมง สีที่เห็นจะเป็นสีน้ำตาลเข้มคงที่และจะอยู่นานเป็นเวลาหลายวันหรือหลายสัปดาห์ [37] โดยการแปลผลที่ 6 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 72 ชั่วโมง หรือ 7 วันนั้น ค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอไม่ต่างกัน [48,51,52] และมีข้อดี คือ ไม่ต้องใช้สารกระตุ้นแสงเช่นเดียวกับ IPD แต่มีข้อเสีย คือ ต้องใช้ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอมากกว่าที่ใช้ใน IPD คือ 20 - 25 จูล/ซ.ม.^{2} ขึ้นไป และปฏิกิริยาชนิดนี้มักไม่เกิดกับคนผิวขาว (Skin type I-II)
3. UVA Erythema [6,20,36,48,50,54,55] หมายถึง การที่ผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีแดงหลังจากได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตเอประมาณ 24 ชั่วโมง รังสีอัลตราไวโอเลตเอที่จะทำให้เกิดผิวหนังแดงนี้มักเป็น รังสีอัลตราไวโอเลตเอช่วงความยาวคลื่นสั้น (320-340 นาโนเมตร) และปฏิกิริยานี้จะเห็นได้ชัดในคนผิวขาว (Skin type I-II) เท่านั้น แต่จะเห็นได้ยากในคนผิวสี (Skin type III-V) และการเกิดผิวหนังแดงในคนผิวสีนั้นต้องใช้ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอที่สูงมากกว่าคนผิวขาว และในคนผิวสีเมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตเอจะเกิดผิวหนังคล้ำ (PPD) จึงบดบังผิวหนังแดง ทำให้ไม่สามารถแปลผลได้
4. Phototoxic protection factor (PPF) [20,36,37,46,47,52] หมายถึง การที่ผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีแดง หลังจากได้รับสารกระตุ้นแสง (Photosensitizer) ร่วมกับการได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตเอ โดยสารกระตุ้นที่ใช้ได้แก่ยาโซราเลน (8-methoxypsoralen) ชนิดรับประทานหรือทา หรือยาแอนทราซิน (Anthracene) ข้อดี คือ ใช้ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอน้อยลง แต่มีข้อเสียหลายอย่างคือ สารกระตุ้นทำให้ผิวหนังตอบสนองต่อรังสีอัลตราไวโอเลตเอเฉพาะช่วงคลื่น 340-370 นาโนเมตร ซึ่งแตกต่างไปจากการตอบสนองของผิวหนังปกติ ทำให้ค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอสูงกว่าค่าที่ทำในผิวหนังที่ไม่ได้รับสารกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การใช้ยาโซราเลนชนิดรับประทานมีผลข้างเคียงมาก ผู้ที่รับประทานยาจะต้องสวมแว่นตากันแดดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงหลังจากรับประทานยาเพื่อป้องกันโรคต้อกระจก และต้องหลีกเลี่ยงแสงแดด เนื่องจากยาโซราเลนชนิดนี้มีผลต่อผิวหนังทั่วร่างกาย

5. The protection factor of UVA (PFA) [20,36,37 46,47,52] คือ การที่ผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีคล้ำหรือแดงหลังได้รับ UVA เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (เป็นการใช้การเกิดปฏิกิริยาของผิวหนังแบบ PPD หรือ UVA erythema อย่างใดอย่างหนึ่ง) ข้อดี คือ สามารถแปลผลได้สำหรับคนทุกสีผิว (Skin type III-VI)

การศึกษาเพื่อประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดดในสัตว์นั้นมีมานานก่อนที่จะมีการศึกษาในคน ปฏิกิริยาของผิวหนังที่ใช้วัดมีดังนี้ คือ

1. วัดความบวมของผิวหนังหนู [56] โดยทาผิวหนังหนูด้วยยาโซราเลน (8-methoxy psoralen) ฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเอเปรียบเทียบผิวหนังบริเวณที่ทาสารกันแดดและบริเวณที่ไม่ได้ทา โดยดูที่ความบวมของผิวหนัง โดยใช้เครื่องมือที่มีความละเอียดสูงวัดความหนาของผิวหนัง วิธีนี้ไม่เหมาะสมที่จะทำในคน เพราะมีผลข้างเคียงสูงและการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเอจนเกิดอาการบวมของผิวหนังคนต้องใช้ปริมาณรังสีสูงมาก
2. วัดความแดงของผิวหนังหนู [57] เปรียบเทียบปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอในการทำให้เกิดผิวหนังแดงในบริเวณผิวหนังที่ทาสารกันแดดกับบริเวณผิวหนังปกติ ซึ่งวิธีนี้ในภายหลังได้มีการปรับปรุงและใช้ศึกษาในคน
3. วัดปริมาณดีเอ็นเอ (DNA) [57] จากการศึกษาในอดีต รังสีอัลตราไวโอเลตเอสามารถยับยั้งการสร้างDNA ในผิวหนังได้ จึงมีการศึกษาเพื่อประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด โดยวัดปริมาณ DNA ที่สร้างในผิวหนังหนูหลังจากฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเอ โดยเปรียบเทียบบริเวณที่ทาสารกันแดดและบริเวณผิวหนังปกติ วิธีนี้ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะทำในคน มีผลข้างเคียงสูง เพราะต้องตัดเอาผิวหนังออกมาตรวจในห้องทดลอง

II. แหล่งกำเนิดแสง

1. แสงอาทิตย์ [27,28,55,58,59]

แสงอาทิตย์เป็นแสงตามธรรมชาติก็จริง แต่ความเข้มของแสงไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ในแสงอาทิตย์ยังมีรังสีหลายชนิดเป็นส่วนประกอบ เช่น รังสีอินฟราเรด (Infrared) รังสีมองเห็นได้ (Visible light) ซึ่งอาจจะทำให้ผิวหนังเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับรังสีอัลตราไวโอเลตเอ และสภาพบรรยากาศ และภูมิอากาศที่ต่างกันก็มีผลต่อความเข้มของแสงอาทิตย์ เช่น ปริมาณเมฆหรือความชื้นในอากาศ ช่วงเวลาที่ต่างกันของวัน ภูมิประเทศที่ต่างกันเช่นประเทศที่อยู่แถบเส้นศูนย์สูตร ประเทศที่อยู่ในที่ราบสูงล้วนมีอิทธิพลต่อความเข้มหรือปริมาณของแสงอาทิตย์ และประชากรศึกษาต้องตากแดดในเวลานานมีการเคลื่อนไหวมีเหงื่อออก ทำให้สารกันแดดมีโอกาสหลุดหรือถูกชะล้างออกได้ง่าย ระยะหลังจึงไม่นิยมศึกษาประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดดโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสง

2. แสงจากหลอดไฟ

2.1 Xenon arc solar Simulators [48,51,52,58]

แหล่งกำเนิดแสงนี้คือ หลอดไฟซนิด Xenon arc เป็นหลอดไฟที่ให้รังสีใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์มากที่สุด สามารถตัดกรองรังสีอัลตราไวโอเลตบีออกไปได้ โดยใช้ตัวกรองรังสี (WG 335 Filter) หลอดไฟซนิดนี้เป็นที่นิยมใช้เพื่อประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด แต่หลอดไฟซนิดนี้มีราคาแพง และเครื่องมือมีขนาดใหญ่เคลื่อนย้ายไม่สะดวก จะฉายรังสีได้เฉพาะบริเวณพื้นที่ขนาดเล็กเท่านั้น การทำการศึกษาแต่ละครั้งต้องใช้เวลานาน

2.2 High-pressure metal halide sources [16,27,28,53]

แหล่งกำเนิดแสงนี้ คือ หลอดไฟฟ้าซนิด Mercury vapor เป็นแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลต นิยมใช้อย่างกว้างขวางและแพร่หลายมานานหลายปี เคยมีการศึกษาเปรียบเทียบค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง Xenon arc solar Simulators และ High-pressure metal halide sources แหล่งกำเนิดแสงชนิดนี้มีข้อดีคือขนาดเล็ก สามารถฉายรังสีได้เป็นบริเวณกว้าง สะดวก และประหยัดเวลา สามารถใช้แทนหลอดไฟ Xenon arc solar Simulators ได้

2.2 Intermediate mercury vapor source [27,28]

หลอดไฟที่ใช้ คือ mercury vapor เช่นเดียวกับ High pressure metal halide sources นิยมใช้ในประเทศแถบยุโรป เช่น เยอรมัน การประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด พบว่า ไม่แตกต่างจากค่าที่ได้โดยใช้ Xenon arc solar Simulators ข้อดีมีเช่นเดียวกับ High pressure metal halide sources สามารถใช้แทนกันได้

2.3 หลอดไฟฟลูออเรสเซนท์ (Fluorescent Sunlamp) [27,28]

หลอดไฟฟ้าชนิดนี้หาได้ง่าย ราคาถูก ใช้ได้สะดวก แต่มีข้อเสียคือ เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้ปริมาณรังสีไม่คงที่ มีช่วงคลื่นบางคลื่นที่เด่นชัดมากเป็นพิเศษ คือ 313 นาโนเมตร และ 365 นาโนเมตร และพบรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UVC) ปนมาได้ ในระยะหลังจึงไม่นิยมนำมาใช้ในการประมาณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด

III. ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอและการเพิ่มปริมาณของรังสีอัลตราไวโอเลตเอ

ปริมาณรังสีที่ใช้ขึ้นกับปฏิกิริยาผิวหนังที่ต้องการจะนำมาเป็นตัววัด และลักษณะสีผิวดังได้กล่าวมาแล้ว เช่นปฏิกิริยา PPD ใช้ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอประมาณ 4 –30 จูล/ซ.ม.^{2} หลักการเพิ่มปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอนั้นควรจะเพิ่มโดยไม่เกินช่วงละ 25 % [27,37,53,60]

IV. ปริมาณสารกันแดดที่นำมาใช้ทดสอบ

ค่ามาตรฐานที่ใช้ทั้งในอเมริกาและยุโรปคือ 2 มิลลิกรัม/ซ.ม.^{2} หรือ 2 ไมโครลิตร/ซ.ม.^{2} [27,37,50,61] เพราะเป็นปริมาณที่ศึกษาแล้วว่าใกล้เคียงกับปริมาณของสารกันแดดที่ใช้ทาตามปกติในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าสารกันแดดนั้นจะอยู่ในรูปครีม เจล หรือโลชั่น

V. ประชากรตัวอย่างและผลการคำนวณค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด

ประชากรตัวอย่างที่ดีควรเป็นคนปกติ มีผิวหนังชนิดที่ II – IV (Skin type II – IV) (ดูตารางที่ 1) ปราศจากโรคประจำตัว ไม่เคยมีประวัติแพ้แสงหรือมีปฏิกิริยาที่ผิดปกติต่อรังสีอัลตราไวโอเลต ไม่ได้รับยาที่มีคุณสมบัติเป็นสารกระตุ้นด้วยแสง ขนาดตัวอย่างควรมี

ประมาณ 10-20 คน ผลค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดดที่ประมาณได้ควรมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 10-20% ของค่าเฉลี่ย [37,50,53]

VI. **ค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด**

หลักการคิดค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด คำนวณได้จากปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอ (หน่วยเป็น จูล/ซ.ม.^{2}) ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาของผิวหนังตามที่กำหนด โดยเป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาบริเวณผิวหนังที่ทาสารกันแดดต่อปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาบริเวณผิวหนังปกติ [4,20,22,37,53]

ค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด

$$= \frac{\text{ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาของผิวหนังตามที่กำหนดบริเวณที่ทาสารกันแดด}}{\text{ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตเอที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาของผิวหนังตามที่กำหนดบริเวณผิวหนังปกติ}}$$

จากการศึกษาในอดีตค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดดที่เคยศึกษาในผิวหนังของคนปกติไม่ได้รับสารกระตุ้นแสงและใช้หลอดไฟในห้องทดลองสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดดที่เคยศึกษาในอดีต

ปฏิกิริยาของผิวหนัง / สารกันแดด	IPD	PPD	Erythema	PFA
	ค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเอของสารกันแดด			
2% Eusolex [48]	1.8	1.7 – 1.9		
2% Parsol 1789 [48]	1.6 – 1.8	1.4 –1.7		
2% Benzophenone [46]	-	-		2.1 –2.5
3% Benzophenone [48]	1.3 –1.4	1.3 – 1.5		
5% Benzophenone [46]	-	-		3.5 – 4.6
7% ODPABA [46]	-	-		1.22 – 1.52
4% Benzophenone + 8% ODPABA [46]	1.06 –1.08	1.08		1.06 – 1.08
3% Benzophenone + 3.5% ODPABA + 3.5% OMC [16]	1.32 – 1.34	1.23 – 1.3		1.2 – 1.34
3% Parsol 1789 + 2% Benzophenone + 7% OMC [16]	1.73 – 1.78	1.77 – 1.93		1.73 – 1.93
3% Benzophenone + 2.5% ODPABA + 7.5% OMC [16]	1.06 –1.12	1.06 – 1.08		1.06 –1.12
2.5% ODPABA + 7.5% OMC [16]	1.12 – 1.23	1.08 –1.11		1.08 –1.23
3.5% ODPABA + 3.5 OMC [16]	1.02 – 1.04	1.02 –1.04		1.02 –1.04
Zno [52]				2.1
TiO_2 + OMC + OTS + Oxybenzone [52]				2.3
Zno + TiO_2 [52]				6.9

หมายเหตุ
- Eusolex 8020 = 4 – isopropyl-di-benzoylmethane
- Parsol 1789 = t-butyl methoxydibenzoylmethane
- OTS = Octyl salicylate
- OMC = Octyl methoxycinnamate
- ODPABA = Octyl dimethyl PABA
- IPD = Immediate pigment darkening
- PPD = Persistent pigment darkening
- PFA = Protection factor of UVA