الأشعة فوق البنفسجية
Ultraviolet Radiation

1.2 خواص الأشعة فوق البنفسجية

أثبت إسحاق نيوتن فى نهاية القرن السابع عشر أنه يمكن تفريق الضوء بالمنشور(أو قطرات ماء المطر) إلى ما يشبه طيف قوس قزح **Rainbow** من الأحمر **700nm** حتى البنفسجي **400nm**. ضوء الشمس خليط من الضوء المرئي أو المنظور لنا والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء غير المرئية (غير المنظورة). تمثل الأشعة تحت الحمراء **60%** من ضوء الشمس والأشعة فوق البنفسجية **3%** والباقي الضوء المرئي يمثل **37%**.

سنة **1801** اكتشف جوهان ريتر **Johan Ritter** أن الأشعة فوق البنفسجية تختزل كلوريد الفضة إلى فضة. كان ريتر يعرف أن الضوء البنفسجي يمكن أن يختزل كلوريد الفضة إلى فضة، وقد بينت تجاربه أنه توجد أشعة غير مرئية بعد اللون البنفسجي تعمل نفس الشيء أي تختزل كلوريد الفضة وأطلق عليها الأشعة فوق البنفسجية.

لقد وجد فى هذا الوقت أن الحد الأدنى للطول الموجي لأشعة الشمس عند سطح الأرض هو **300** نانومتر، بالرغم من أنه فى الوقت الحاضر يمكن قياسه حتى **290** نانومتر. فى عام **1881** ذكر **Hartley** أن امتصاص الأوزون هو السبب فى تحديد هذا الحد الأدنى. وكانت الصعوبة التي واجهت الدارسين فى ذلك الوقت

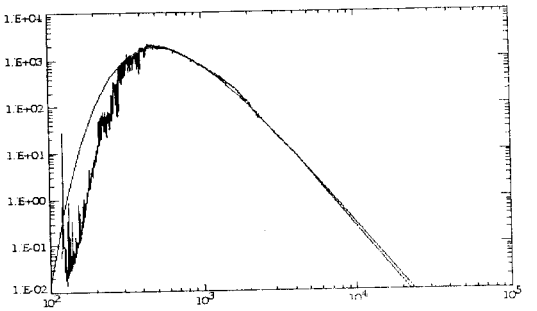
هي عدم معرفتهم شكل طيف الشمس خارج الغلاف الجوى للأرض (أي لم يكن لدى العلماء فى هذا الوقت أي معلومات عن شكل طيف الشمس خارج الغلاف الجوى للأرض). فى التجارب التي تمت فى عام 1920 لقياس الشدة الطيفية عند زوايا شمسية مختلفة، كان الاستنتاج المستخلص من هذه القياسات هو أن الحد الأدنى للطول الموجي عند سطح الأرض يرجع سببه إلى امتصاص أوزون الغلاف الجوى للأرض. فى الوقت الحاضر تستخدم الأقمار الاصطناعية أجهزة متطورة لقياس أشعة الشمس خارج الغلاف الجوى للأرض. القياس الأول فوق أوزون الغلاف الجوى كان سنة 1946 باستخدام صاروخ V2 وقد بين هذا القياس تباينا واضحا بين الطيف الشمسي خارج الأرض والطيف المشاهد عند مستوى البحر، وهذا الفرق له أهمية بيولوجية كبيرة. ثلثا طاقة الشمس خارج الغلاف الجوى للأرض ينفذ إلى المستوى الأرضي وحوالي 5% فقط من هذه الطاقة هي UVR.

عند سطح الأرض تغطى الأشعة فوق البنفسجية جزءا صغيرا من الطيف الكهرومغناطيسى من nm 380 – 286 . بينت الدراسة الطيفية (بالسبيكتروجراف) لضوء الشمس فى الغلاف الجوى الأعلى منا و التي تمت عن طريق الأقمار الاصطناعية وجود أطوال موجية من الأشعة فوق البنفسجية أقصر من تلك الأطوال الموجية لنفس الأشعة الموجودة على الأرض. وعندما نرسم شدة كل طول موجي من طيف الشمس فوق غلافنا الجوى على المحور الرأسي مقابل الطول الموجي على المحور الأفقي شكل (4) نجد أن أشعة الشمس تقارب الأشعة التي تصدر من جسم درجة حرارة سطحه حوالي K^O 5600 درجة مطلقة (الصفر المطلق = -273.16^oC). إذا تمت نفس الدراسة الطيفية على سطح الأرض سيظهر بسرعة أن الأطوال الموجية القصيرة من الأشعة فوق البنفسجية غير موجودة. وهكذا يتضح أن الأطوال الموجية القصيرة من الأشعة فوق البنفسجية تمتص بواسطة أجزاء من الغلاف الجوى للأرض. الأطوال الموجية فى مناطق الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء تمتص أيضا بدرجات متفاوتة.

عند مناقشة التأثير البيولوجي للطيف الشمسي على سطح الأرض فإننا نقسم الطيف الشمسي إلى ثلاث مناطق.

UVA: تمتد من 315 - 380 نانومتر، بعد الجزء المرئي مباشرة وتسمى أحيانا UV الحيوية وكانت تعتبر فى السابق أنها مفيدة، لكن نحن نعرف الآن أن الجرعات الكبيرة منها ضارة.

UVB: تمتد من 320 – 286 نانومتر، والطول الموجي 286 نانومتر هو أقصر طول موجى للشمس على سطح الأرض. من ناحية أخرى UVB تتلف الجلد وتسبب حروق الشمس.



شكل (4) يبين طيف الأشعة الشمسية التى تصل إلى قمة الغلاف الجوى للأرض من 100 إلى 100000 نانومتر وأشعة الجسم الأسود المنحنى الأملس عند 5700 درجة كلفن.

UVC: تشمل الأطوال الموجية أقل من 286 نانومتر، وتتداخل مع منطقة أشعة X عند 40 نانومتر، UVC تقع على السطح العلوي للغلاف الجوى للأرض وتمتص بواسطة الأوزون ولا تصل إلى سطح الأرض.

تنفذ النوافذ الزجاجية UVA ولكن تمتص UVB, UVC أما الكوارتز

فينفذ الأنواع الثلاثة بما فيها UVC حتى 260 نانومتر. لهذا السبب يستخدم الكوارتز فى العدسات والمناشير لدراسة تأثير UVC, UVB. وتستخدم عدسات ومناشير أخرى لدراسة الأطوال الموجية أقل من 260 نانومتر.

2.2 الأشعة فوق البنفسجية والغلاف الجوى

ينقسم الغلاف الجوى رأسيا، على أساس خواصه الحرارية، إلى أربع طبقات: تروبوسفير، ستراتوسفير، ميزوسفير وثرموسفير.

يمتد التروبوسفير من سطح الأرض حتى (فى المتوسط) 12 كيلومترا (7ميل) إلى أعلى حيث يتراوح الضغط من 1000 إلى 200 مللي بار. تقل درجة الحرارة مع الارتفاع حتى التروبوبوز، وهى قمة التروبوسفير. وتبدأ طبقة ستراتوسفير فوق التروبوسفير مباشرة وتمتد حتى 50 كيلومترا إلى أعلى. مقارنة مع التروبوسفير هذا الجزء من الغلاف الجوى جاف وأقل كثافة. درجة حرارة هذه المنطقة تزداد تدريجيا إلى 3 درجات مئوية بسبب امتصاص الأشعة فوق البنفسجية. وتبدأ طبقة الميزوسفير فوق ستراتوسفير مباشرة وتمتد حتى 85 كيلومترا فوق سطح الأرض. فى هذه المنطقة تهبط درجة الحرارة مرة أخرى إلى $95^{o}C$ – كلما زاد الارتفاع. وتبدأ منطقة الثرموسفير فوق منطقة الميزوسفير مباشرة وتمتد حتى 600 كيلومترا إلى أعلى. تزداد درجة الحرارة مع الارتفاع بسبب طاقة الشمس، ويمكن أن تصل إلى $1727^{o}C$.

يتكون هواء الغلاف الجوى غير الملوث عند سطح الأرض من 78.1% نتروجين (N_2)، 20.9% أكسجين(O_2)، 033% ثاني أكسيد الكربون(CO_2)، 0.9% أرجون Ar، ونسبة قليلة جدا من النيون (Ne)، الهليوم(He)، الكربتون(Kr)، الزينون(Xe)، الهيدروجين(H_2)، الميثان(CH_4)وأكسيد النيتروز(N_2O). أظهرت عينات الهواء المأخوذة بالبالون أو الصواريخ عند مستويات ترتفع تدريجيا من سطح الغلاف الجوى أن هذه الحصص النسبية

للغازات المتواجدة فى الهواء تظل كما هي، بينما يقل التركيز مع الارتفاع. إذا أخذنا عينات من الهواء على ارتفاعات من 15 – 35 كيلومترا من سطح الأرض، سنجد غازا آخر هو الأوزون **Ozone(O_3)**. فى الارتفاعات الوسط يصل تركيز الأوزون إلى أقصاه عند حوالي 25 كيلومترا. ويقال عن تلك الطبقة من 15 – 35 كيلومترا طبقة الأوزون. عندما يقاس طيف ضوء الشمس عند طبقات مختلفة من الجو نكتشف أن الضوء المار من خلال طبقة الأوزون لايشمل كل أشعة **UVC** من أقصر طول موجي حتى 286 نانومتر – وهو أقصر طول موجي للأشعة فوق البنفسجية المكتشف على سطح الأرض.

أثبتت التجارب المعملية أن الأكسجين يمتص الطول الموجي القصير جدا لأشعة **UVC** وأقصى امتصاص يحدث عند 150 نانومتر. ويتناقص امتصاصه مع زيادة الطول الموجي. الأوزون من ناحية أخرى يمتص الجزء الباقي من أشعة **UVC** ويكون أقصى امتصاص عند 260 نانومتر. عندما يمتص الأكسجين الأشعة من نوع **UVC** فى الارتفاع العالي من الجو يتحول إلى أوزون.

كثير من الأكسجين الذرى الناتج يتحد مع الأكسجين الجزيئى ليكون الأوزون. الطاقة الضوئية **Light Quanta** فى هذه التفاعلات تتحرر كحرارة. وكما هو متوقع تكون طبقة الأوزون أسخن من الطبقة التالية لها مباشرة من أسفل ومن أعلى.

نظرا لأن أشعة **UVC** تصدم الطبقة الأعلى من الغلاف الجوى فإن مظلة الأوزون تجعل الحياة محتملة فى البر والبحر. بدون هذه الحماية كل شيء حي على الأرض سوف يتلف ويموت. الكمية الكلية للأوزون فى الغلاف الجوى صغيرة نسبيا.

من الواضح أن طبقة الأوزون فى الغلاف الجوى تعتمد على وجود الأكسجين الذي يتكون منه، وتوجد طبقة الأوزون فقط لأن غلافنا الجوى يحتوى على أكسجين.

تتغير شدة طيف الأشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض تبعا للعوامل الجغرافية والتقلبات الجوية المؤقتة، فتقل الشدة الطيفية للأشعة فوق البنفسجية إلى النصف أو الثلث عندما يقل الطول الموجي من 400 إلى 320 نانومتر عند خطوط العرض الشمسية أعلى من 20 درجة، وبعدئذ تهبط بسرعة بمقدار ثلاث مرات أو أكثر عندما يقل الطول الموجي من 320 إلى 290 نانومتر حيث يكون الامتصاص بالأوزون مهما جدا.

1- فترات النهار: حوالي من 20% إلى 30% من أشعة UVRاليومية الكلية تستقبل خلال الفترة قبل وبعد منتصف النهار بساعة وقت الصيف، والباقي حوالي 75% يستقبل فى الفترة بين 9 صباحا و 3 بعد الظهر.

2- الفصول: فى مناطق الحرارة المعتدلة أشعة UVR المتلفة بيولوجيا الواصلة لسطح الأرض تعتمد بقوة على الفصول، وعلى أي حال، تغيير الفصول يكون أقل بالقرب من خط الاستواء.

3- خطوط العرض الجغرافية: يقل فيض UVR السنوي مع زيادة المسافة عن خط الاستواء. وعلى وجه التقريب العدد السنوي الأدنى لجرعة الاريثيما (الاحمرار الجلدي) MED على سطح أفقي غير مظلل عند منتصف خطوط العرض (20 – 60 درجة) يمكن تعيينه من المعادلة التالية:

Annual Minimal Erythema Dose MED = $2x10^4$ exp(-latitude)/20

4- السحب: تقلل السحب شدة الأشعة الشمسية عند سطح الأرض بالرغم من أن التغيرات فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية تكون أقل بكثير عن مقدار التغير فى الشدة الكلية، نظرا لأن الماء فى الضباب يضعف الأشعة تحت الحمراء الشمسية أكثر بكثير من UVR. مخاطر التعرض الزائد تحت هذه الظروف قد تزيد لأن الإحساس الدافئ للحرارة يقل. السحب الخفيفة المبعثرة فى السماء الزرقاء تحدث اختلافا طفيفا فى شدة الأشعة فوق البنفسجية، إذا لم تكن تغطى الشمس مباشرة، بينما غطاء السحب الكامل يقلل إشعاع UV إلى حوالي

نصف تلك القيمة فى حالة السماء الصافية . حتى مع غطاء السحب الثقيلة فإن مركبة الأشعة فوق البنفسجية المشتتة من ضوء الشمس (غالبا تسمى ضوء السماء) تكون نادرا أقل من 10% من تلك التي تحت السماء الصافية، على أي حال، سحب العواصف الثقيلة يمكن أن تمحو UVR الأرضية حتى وقت الصيف.

5- انعكاس السطح: انعكاس UVR من سطح الأرض بما فى ذلك البحر يكون عادة منخفضا (7%>)، على أي حال، رمل الجبس يعكس ≈ 25% من UVB الساقطة والصقيع يعكس حوالي 30%.

6- الارتفاع: على وجه العموم كل واحد كيلو متر زيادة فى الارتفاع يزيد فيض الأشعة فوق البنفسجية بحوالي 6%. على العكس الأماكن على سطح الأرض تحت مستوى البحر تكون نسبيا أفقر فى محتوى UVB عن الأماكن الأقرب عند مستوى البخر هذا يظهر بوضوح حول البحر الميت فى الأردن 400 كيلومتر تحت سطح البحر.

3.2 فوائد أشعة الشمس للإنسان

كان الاعتقاد السائد قديما هو أن الشمس تشفى أمراض الإنسان ومازال هذا الاعتقاد شائعا حتى الآن. كان أهل الريف فى بعض أجزاء شمال أوروبا يعرضون الأفراد المرضى وأيضا الحيوانات المرضى للشمس أملا فى الشفاء. يعتقد معظم هؤلاء أن الشمس مفيدة جدا للصحة، ويعرضون أنفسهم لها حينما يتاح لهم ذلك فى الأجازات – على شواطئ البحر أو تحت مصابيح الشمس. حمامات الشمس ليست عادة حديثة، فهي معروفة من قبل ألفى سنة منذ عهد الإغريق والرومان. بعض التقارير الحديثة تؤكد أن ضوء الشمس يساعد على الشفاء وأن بعض الخير يأتى من ضوء الشمس، ودعنا نذكر بعض أمثلة على الفوائد الصحية لأشعة الشمس وعلى وجه الخصوص الأشعة فوق البنفسجية.

الأشعة فوق البنفسجية تقتل البكتريا، لذلك تستخدم المستشفيات ضوء الشمس فى تعقيم الهواء وغرف العمليات وتستخدم فى المعامل لتعقيم غرف البحوث الزراعية. ونظرا لأن ضوء الشمس يخمد نشاط الفيروسات ويقتل البكتريا بما فى ذلك الأنواع المسببة للأمراض، فهي تساعد على تقليل انتشار المرض عندما نعرض جلدنا وملابسنا والأوعية (الأواني) لضوء الشمس. وتعمل الأشعة فوق البنفسجية على الأرض وفى الماء وعلى سطح الكائنات، ولأن البكتريا والفيروسات صغيرة فإن ضوء الشمس يصل إلى مادة التناسل الحيوية وقد تمضى فترة طويلة حتى تؤثر الشمس على خلايا الحيوانات والنباتات بسبب وجود سيتوبلازم أكثر بين سطح الخلية ومادة التناسل الكثيفة فى النواة المركزية. ويمكن إخماد نشاط البكتريا والفيروسات على سطح النباتات والحيوانات دون إتلاف الخلايا التحتية. بهذه الطريقة تكون الأشعة فوق البنفسجية مفيدة جدا للإنسان والحيوان والنبات.

درن الجلد Skin Tuberculosis

انتشر داء الذئب المعروف (بدرن الجلد) **Lupus Vulgaris** فى شمال أوروبا حيث إن ضوء الشمس هناك ضعيف أو لا يظهر لفترات طويلة من أواخر الخريف حتى أوائل الربيع. وتظهر القرح أو التقرحات على الوجه والرقبة وتترك آثارا غير سارة فى هذه الأماكن حتى بعد العلاج.

أثبت نيلز فنسن **Niels Finsen** (1860 - 1904م) طبيب دانمركي مشهور ، أن ضوء الشمس المركز بعدسات الكوارتز التي تنفذ **UVB** على التقرحات يعطى علاجا مؤثرا. عمل فنسن مع مهندس قد أصيب هو نفسه بداء الذئب لكنه صمم قوس كربون يعمل كمصدر مستقر للأشعة فوق البنفسجية فى منطقة الطول الموجي المطلوب للعلاج. فى هذه الحالة يستخدم دورق من الكوارتز مملوء بالماء (لخفض الحرارة ولكنه ينفذ أشعة **UVB**) يوضع بين القوس والمريض

وتستخدم عدسة من الكوارتز لتركيز الضوء. بهذه الطريقة توصل فينسن إلى علاج مفيد. وقد أسس له الناس المعترفون بفضله معهدا باسمه فى كوبنهاجن لدراسة تأثيرات الضوء على الكائنات الحية. استمر فنسن فى دراساته الطبية خصوصا على داء الذئب ووجد أن إضاءة كل الجسم بأشعة الشمس يعجل الشفاء ولكنه لم يستطع تفسير سبب ذلك. يعتقد الآن أن أشعة UVB تحدث إلتهابا يحفز التفاعلات المناعية فى الأنسجة وينتج عن ذلك تسخين الآفة. وفى عام 1903م حصل فينسن على جائزة نوبل على هذا الاكتشاف.

فى الواقع داء الذئب قد اختفى ولكن أحيانا يظهر فى الأجزاء الشمالية من شرق أوروبا. يعالج هذا الداء الآن بالمضادات الحيوية مثل تربتوميسين. على أي حال حتى الآن مازال العلاج بالأشعة فوق البنفسجية مستمرا مع العلاج الكيميائي بالمضادات الحيوية فى الحالات التي لا تستجيب للعلاج الكيميائي فقط.

العظام والدرن الرئوي Bone and Pulmonary Tuberculoses

منذ زمن ليس ببعيد كان الناس يعالجون العظام ودرن الرئة بالتعرض لضوء الشمس. المرضى كانوا يذهبون إلى المصحات فى الجبال أو عند البحر بعيدا عن المدن الكبرى، حيث يقضون ساعات طويلة فى الشمس. كان الاعتقاد الشائع أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية من الشمس يساعد على العلاج. على أي حال، اتضح فى الوقت الحاضر أن هذه المصحات تساعد فى علاج المرضى لأنهم كانوا يتنفسون الهواء النقي غير الملوث بالمهيجات من عوادم المصانع والسيارات ويتمتعون بالمناظر الجميلة والراحة النفسية. حتى الآن لا يوجد تأكيد على ما إذا كانت الأشعة فوق البنفسجية تلعب دورا فى علاج الدرن الرئوي أم لا. فى الوقت الحاضر يتم العلاج بالمواد الكيميائية.

الأمراض الجلدية Skin Diseases

قائمة الأمراض الجلدية التي كانت تعالج بالأشعة فوق البنفسجية طويلة. عولجت أمراض الجلد المختلفة بالأشعة فوق البنفسجية باستخدام أقواس الكربون والزئبق وبصريات الكوارتز. على أي حال ، لم يفهم أحد كيف يتم هذا الشفاء. حتى فى الحالات التي يكون فيها السبب فى المرض هو البكتريا، فلم يؤكد أحد أن هذه البكتريا قد قتلت بالتعرض للأشعة فوق البنفسجية. الأمر الأكثر احتمالا كما فى حالة داء الذئب، فى هذه الأمراض الالتهابات أو توابعها حفزت الجلد على إتمام الشفاء. لكن فى الوقت الحاضر تستخدم المضادات الحيوية والكيماويات الدوائية لعلاج هذه الأمراض. ولكن فى بعض الحالات تستخدم الأشعة فوق البنفسجية مع العلاج الكيميائي والمضادات الحيوية. وإلى وقت قريب كانت تستخدم UVB لعلاج داء الصدفية، وحتى الآن لا يعلم أحد كيف أن هذه الأشعة تدعم فعل الأدوية. أحيانا، إلتهابات الغدد الدهنية وعدوى جرب الشعر والدمامل تعالج أيضا بالأشعة فوق البنفسجية.

فيتامين D والكساح (لين العظام) Vitamin D and Rickets

ربما تكون فائدة أشعة UV الطبيعية ذات الأهمية الكبيرة للإنسان هي تخليق أو تصنيع فيتامين D، وهو مادة تلعب دورا مهما فى امتصاص الكالسيوم المعوي. فى حالة الغذاء الفقير بالفيتامينات، يكون الإنتاج الضوئي هو المصدر الرئيسي لفيتامين D فى الجلد. ولسوء الحظ يمكن أن تنتج سمية فيتامين D من الجرعات الزائدة والتي تؤدى إلى تلف الكلى وارتفاع مستوى الكوليسترول فى الدم.

التخليق البيولوجي لفيتامين D يتضمن عدة خطوات بيوكيميائية، والكساح أو لين العظام مرض يصيب – على وجه الخصوص – الرضع والأطفال وسببه خلل فى تكوين وصلابة العظام العادية، وفيه تنحني العظام الطويلة وتسبب تقوس وتقلص العضلات. تلوث الهواء من العوامل الأساسية فى حدوث الكساح،

لذا ينتشر هذا المرض بين الأطفال الذين يعيشون فى مدن شمال أوروبا الصناعية حيث ينتج عن احتراق الفحم اللين سحابة دخان سوداء. ولكن أيضا معظم الفقاريات التي توجد فى الأماكن التي يقل فيها ضوء الشمس تصاب بالكساح أو لين العظام.

توصل العلماء فى الوقت الراهن إلى أن سبب الكساح هو نقص أملاح الكالسيوم والفوسفات فى الغذاء إما بسبب نقص فيتامين D فى غذاء الإنسان (الحيوانات والطيور) أو بسبب عدم التعرض المناسب لضوء الشمس. عدم التعرض لضوء الشمس يمكن أن يسبب الكساح للثدييات بسبب افتقار الأغذية لفيتامين D، وقد ثبت فى القرن العشرين أن الكساح يمكن الشفاء منه بتناول زيت كبد الحوت أو بالتعرض للأشعة فوق البنفسجية أو ضوء الشمس.

يوجد فيتامين D فى عدة أشكال. والشكل الذي يتم الحصول عليه بالتشعيع هو فيتامين D_3 أو Cholecalciferol كوليكالسيفيرول ويصنع من مادة كيميائية تعرف 7-دايهيدروكوليسترول (7-Dehydrocholestrol) موجودة فى خلايا الجلد الحية. وتخليق الفيتامين من العملية الكيميائية الضوئية بالتعريض لأشعة UVB تتم على عدة مراحل خلالها تتحول بعض الروابط الكيميائية الأحادية بامتصاص أشعة UV. يعتقد أن فيتامين D_3 هو فيتامين D الحيواني. فى المواد النباتية الفيتامين الناتج عن التعرض لأشعة UVB هو فيتامين D_2 أو Ergocalciferol وهو ناتج ضوئي ينتج عن التشعيع لمادة Ergosterol بأشعة UVB وهى مواد شائعة فى بعض خلايا النبات. بمجرد تكون فيتامين D فى الجلد فإنه يدخل الدم لينتقل إلى الكبد ليحدث له تفاعل حيوي (أيض) إلى 25-هيدروكسى فيتامين D (25-Hydroxy Vitamine D).

يحتاج تكوين فيتامين D_3 فى الجلد إلى التعرض لضوء الشمس لفترات قصيرة فقط، من الربيع حتى الخريف، 15دقيقة فى حالة تعريض اليد والأذرع والوجه بين 9 صباحا حتى 4 مساءً وهذا وقت مناسب لمدنا بما نحتاجه من فيتامين D_3.

4.2 تأثير الأشعة فوق البنفسجية علي الخلية .

Effect of UV Radiation on Cell

عندما تتعرض الخلايا لضوء الشمس فإنها تمتص بعض الأشعة فوق البنفسجية وبصفة خاصة فى منطقة **UVB**. تمتص خلايا الحامض النووي والبروتينات معظم الأشعة التي غالبا ما تحدث لها تغيرات كيمو ضوئية. بعد التعرض – الجزيئات التي تغيرت سوف تؤثر فى وظيفة أو أكثر من وظائف الخلية. فى الحيوانات عديدة الخلايا المعقدة مثل الإنسان، أشعة **UVB** فقط هي التي تخترق وتمتصها الخلايا القريبة من السطح فى حين تبقى الخلايا العميقة فى الأنسجة محمية _ بعيدة عن التأثير. تصل أشعة **UVA** إلى خلايا الأنسجة الأعمق خلال السطح الخارجي (البشرة **Epidermis**) وبعضها أيضا يخترق كل طبقة الجلد. جميع الأطوال الموجية للأشعة لها خواص مشتركة، فمثلا تنتشر جميعها على هيئة موجات بنفس السرعة (3×10^{10} سم/ ثانية)، وتعمل كأنها تتكون من حزم منفصلة من الطاقة، يطلق عليها الفوتونات. تتناسب طاقة الفوتونات تناسبا عكسيا مع الطول الموجي ($E = hc/\lambda$ حيث **h** ثابت بلانك).لكي تمتص هذه الفوتونات يجب أن تكون طاقتها مساوية للفرق بين طاقتي مستويين مثارين فى الجزيء أو الذرة.

عندما يمتص الجزيء كمًا من الأشعة فإنه يصبح مثارًا. وقد تسبب الطاقة المكتسبة تغيرات كيمو ضوئية فى الجزيئات المثارة أو قد تنبعث مرة أخرى كأشعة بنفس التردد (رنين) أو بطول موجي أطول (التفلور والتفسفر) أو أنها قد تبدد كحرارة. فى كل التفاعلات الكيمو ضوئية الفاعلة جدا، التي يتحول فيها كل جزيء ماص للأشعة تكون الكفاءة الكمية مساوية واحد. إذا تفاعل كسر فقط من الجزيئات المثارة تكون الفاعلية الكمية أقل من واحد، لكن إذا أنتج الجزيء المثار نواتج مثارة قد ينتج عن تفاعل التسلسل كفاءة كمية أكبر من واحد.

يعتمد تأثير الإشعاعات ذات الأطوال الموجية المختلفة على جميع الكائنات بالكامل على تأثير أشعة معينة على الخلايا التي يتكون منها الكائن، وعلى وجود

جزيئات ماصة فى الخلايا. يجب أن تمتص الأشعة لكي تحدث تأثيرا على الجزيء، نظرا لأن الطاقة الممتصة فقط هي التي تعمل على تفعيل التغير الكيميائي. مدى تأثر الجزيء بكمية الطاقة الممتصة يعتمد إذن على ما إذا كانت كمية الطاقة قادرة على رفع الجزيء إلى حالة تذبذبية أو إلى حالة إلكترونية مثارة. إذن يكون من المتوقع ، أن التأثير الكيموضوئي لن يتأثر بالطاقة الحرارية للجزيئات عند وقت التعريض للضوء، لأن الحرارة تؤثر فى مستويات الطاقة المنخفضة فى الجزيء، والتي تكون أوطأ من تلك المستويات المثارة بالفعل الكيموضوئى.

نظرا لأن كمية التفاعل كيموضوئى الناتجة عن الطاقة الممتصة تعتمد على عدد الجزيئات المثارة بالطاقة الضوئية، فيكون من غير المهم ما إذا كانت الجزيئات معرضة لشدة ضوء منخفضة لمدة طويلة، أو لشدة ضوء عالية لفترة قصيرة حيث إن حاصل ضرب الشدة فى الزمن يعطى نفس القيم. وهذا ما يطلق عليه قاعدة التبادل.

تحدد الطبيعة الكيميائية للجزيئات امتصاص الأشعة غير المؤينة، وخصوصا عندما تكون الذرات متصلة بروابط زوجية متبادلة مثل كربون – كربون، كربون – نتروجين، والجزيئات الحلقية. عندما توجد أنواع مختلفة من الروابط الزوجية والحلقات مثل الأحماض النووية والبروتينات يحدث الامتصاص عند أطوال موجية مختلفة وبدرجات متفاوته. لذلك يعتبر طيف امتصاص الجزيئات من أهم الخصائص المميزة لها.

5.2 طيف الفعل The Action Spectrum

كلما امتصت الجزيئات أشعة أكثر، كلما كان تأثير هذه الأشعة عليها أقوى، فمثلا فى حالة الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة، يتحول الأكسجين (الجزيء الأولى)(**Precusor**) إلى أوزون – (الناتج) لو أخذنا نفس الكم من الطاقة ولكن بأطوال موجية مختلفة فإن كمية التحول الكيموضوئية من الأكسجين

إلى الأوزون سوف تعتمد على كمية الطاقة الممتصة. ويتم الحصول على طيف الفعل من رسم العلاقة بين كمية التحول الكيموضوئى من الأولى إلى الناتج على المحور الرأسي مقابل الطول الموجي على المحور الأفقي. وهذا الطيف يكون مطابقا لطيف امتصاص الجزيء الأولى عند الأطوال الموجية المختلفة . إذن تعتبر هذه العلاقة مقياسًا للكفاءة النسبية للأطوال الموجية المختلفة فى تحويل الأولى إلى ناتج، أي أن طيف الفعل عبارة عن علاقة تعطى معلومات عن مدى فاعلية الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية فى إحداث تأثير بيولوجي مثل الاحمرار الجلدي شكل (5).

6.2 تأثيرات UVR على الإنسان

Effects of UVR on Humans

التأثيرات البيولوجية الملحوظة فى الإنسان نتيجة التعرض لأشعة UV تكون محصورة فى الجلد والعين بسبب خاصية الاختراق الضعيف لأشعة UV فى أنسجة الإنسان. ويكون الاختراق فى الجلد أقل من واحد ملليمتر، وتمتص UVR فى أنسجة العين (أساسا فى القرنية والعدسة) قبل أن تصل إلى الشبكية Retina.

تأثيرات UVR الشمسية على الجلد العادي

Effects of Solar UVR on Normal Skin

تنقسم استجابة الجلد العادي لأشعة UV الشمسية إلى نوعين: تأثيرات حادة Acute Effects وتأثيرات مزمنة Chronic Effects والتأثير الحاد عبارة عن هجمة واحدة سريعة Rapid Onset لفترة قصيرة، يظهر أثرها بعد التعرض مباشرة، وعلى العكس التأثير المزمن هو فى الغالب هجمة بطيئة (أو تدريجية) لفترة طويلة . التفاعلات الحادة سوف تسبب حروق شمس Sun Burn، التسنين Tanning وإنتاج فيتامين D. وتسبب التأثيرات المزمنة الشيخوخة الضوئية وسرطان الجلد وتنتج من التعرض لفترات طويلة أو متكررة لأشعة UV.

- حروق الشمس Sun Burn

حروق الشمس أو احمرار الجلد Erythema هي إصابة حادة تحدث بعد التعرض الزائد لأشعة UV الشمسية. ينتج احمرار الجلد عن زيادة محتوى الدم فى الجلد بسبب تمدد Dilatation الأوعية الدموية السطحية بالقشرة الجلدية Dermis.

- الحصة الزمنية لحروق الشمس Time Courses of Sunburn

تعرض جلد الإنسان (غير المعتاد على العمل تحت الشمس) لمدة نصف ساعة فى شمس الصيف الساخنة يكفى لحدوث احمرار جلدي معتدل. فى أعقاب هذه الدرجة من التعرض، قد لا يظهر الاحمرار الجلدي [Erythema] لمدة أربع ساعات بالرغم أن القياسات باستخدام أجهزة أكثر حساسية من العين، بينت أن تمدد الأوعية الدموية Vosadilstion يبدأ فى الحدوث أسرع من ذلك بكثير. يصل الاحمرار الجلدي إلى قمته بعد التعرض لمدة من 8 إلى 12 ساعة ويذبل Fade فى مدى يوم أو اثنين. تعريض الجلد لأشعة الشمس الساطعة فى الصيف لفترات متزايدة يقصر الوقت الذي يسبق ظهور احمرار الجلد تدريجيا ويطيل مدة استمراره ويزيد من شدته. الجرعات القوية يمكن أن تؤدى إلى أوديما (استسقاء) Edema، آلام Pains، بثور Blistering وبعد عدة أيام يظهر التقشير Peeling.

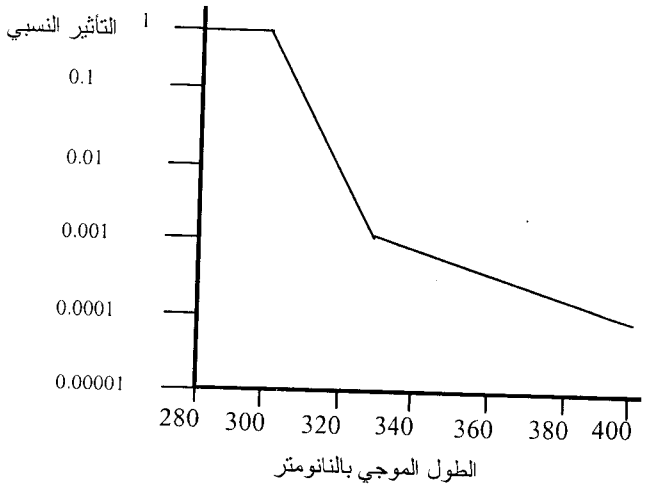
- طيف الفعل للاحمرار الجلدي للأشعة فوق البنفسجية

Action Spectrum 0f UV of Erythema

فاعلية UVR عند الأطوال الموجية المختلفة فى إحداث احمرار جلدي تم دراسته منذ أكثر من 80 عاما. والطريقة هي تعيين جرعة UVRعند سلسلة من الأطوال الموجية اللازمة لإحداث أدنى احمرار محسوس بعد 8 أو 24 ساعة من التشعيع. يطلق على هذه الجرعة Minimal Erythema Dose أدنى جرعة

للاحمرار الجلدي (MED). ويرسم مقلوب MED مقابل الطول الموجي ويعدل المنحنى طبقا لقياس الوحدة Normalized to Unity عند الطول الموجي الأكثر فاعلية.

بالرغم أن طيف الفعل الذي تم تعيينه بواسطة عدد كبير من الباحثين قد أظهر فروقا وخصوصا فى المنطقة الطيفية من 250 إلى 300 نانومتر إلا أنه يوجد اتفاق على أنه عند الأطوال الموجية أعلى من 300 نانومتر تهبط الفاعلية بسرعة جدا وتصل عند 320 نانومتر إلى فاعلية مقدارها 1% من تلك التي عند 300 نانومتر) شكل (5).



شكل (5) طيف الفعل للاحمرار الجلدى.

فى بعض الدراسات الأخرى تم تعيين تأثير الاحمرار الجلدي حتى 400 نانومتر وقد تبين أن فاعلية UVR للاحمرار الجلدي تقل مع زيادة الطول الموجي خلال طيف الأشعة فوق البنفسجية، بالرغم أن معدل تغير الفاعلية يكون أقل بكثير من 330 إلى 400 نانومتر عن من 300-330 نانومتر وبالرغم أن الدراسات أثبتت أن تأثير UVA لإحداث احمرار جلدي أقل بكثير من تأثير UVB بمقدار 1000 مرة تقريبا فإن كثافة أشعة UVA العالية فى ضوء الشمس

(High Irradiant) يعنى أن أشعة UVA فى الصيف تساهم بحوالي من 15 إلى 20% من تفاعل حروق الشمس.

- العوامل التي تؤثر فى تطور حروق الشمس

Factors Influencing the Development of Sunburn

لون الجلد عامل مهم فى تحديد درجة الحروق التي سوف تحدث له فمثلا يحتاج الإنسان الأشقر من حوالي 15 إلى 30 دقيقة فقط فى الشمس الساطعة عند منتصف نهار الصيف لكي يحدث له تفاعل احمرار جلدي، بينما يحتاج الإنسان ذو الجلد المعتدل اللون إلى حوالي ساعة أو اثنين لكي يحدث له هذا الاحمرار، أما هؤلاء ذو البشرة السوداء(Nigro) فعادة لا يحدث لهم حروق شمس. توجد فروق تشريحية فى حساسية الاحمرار الجلدي. هناك بعض الخصائص الأخرى التي يمكن أن تحدد القابلية لحروق الشمس وتشمل لون الشعر ولون العيون والنمش. الوجه والرقبة والجذع تكون أكثر حساسية بمقدار مرتين أو أربع مرات عن الأطراف. وهذه الفروق التشريحية مرتبطة بتغير التعرض للشمس على الأجزاء المختلفة من الجسم. الأسطح الرأسية لشخص واقف تستقبل حوالي نصف UVR المحيطة بينما الأسطح الأفقية (مثل منطقة إبوليت Epaulet) الكتف تستقبل حتى 75%. لا تعتمد حساسية احمرار الجلد على نوع الجنس (الذكر أو الأنثى) بالرغم من أن حساسية احمرار الجلد قد تتغير مع العمر فالأطفال الصغار والمسنين يقال إنهم أكثر حساسية، وعلى أي حال حساسية الأطفال والمسنين لاحمرار الجلد لم تؤكدها الأبحاث بعد.

تأثير الحرارة والرطوبة والرياح قد تبين أنها تغير حساسية احمرار الجلد عند الفأر الذي تعرض لمصدر UVB صناعي، ولكن أهمية تغير هذه الظروف الجوية على تأثير حروق الشمس على الإنسان لم يتحقق بعد.

- حروق الشمس وتكثر نسيج البشرة
Sunburn and Epidermal Hyperplasia

بالإضافة إلى الاحمرار الجلدى فإن دبغ الجلد Tanning ، تغليظ البشرة Hyper Plasia مكونان مهمان فى تفاعلات حروق الشمس المعتدلة. التعريض المعتدل لأشعة UVB مرة واحدة يمكن أن ينتج عنه مضاعفة السمك حتى ثلاث مرات خلال أسبوع إلى ثلاثة أسابيع والتعرض المتكرر كل يوم أو يومين حتى سبعة أسابيع يزيد سمك طبقة الجلد من ثلاث إلى خمس مرات. زيادة سمك الجلد تعود إلى الحالة العادية بعد شهر أو شهرين من إيقاف الأشعة.

زيادة سمك الجلد، وخصوصا طبقة Stratum Coneum بعد التعرض لأشعة الشمس يمكن أن تؤدى إلى زيادة الوقاية من UVR بمعامل خمس مرات أو حتى أكثر.

- دبغ الجلد (لفحة الشمس) Tanning

بعض الناس يعرضون مساحات كبيرة من جلدهم إلى أشعة الشمس فى أيام الأجازات على شاطئ البحر والهدف الواضح من ذلك هو الناحية الجمالية، فى عملية الدبغ تصبح الصبغة المسئولة عن لون الجلد أعتم وينتج منها كمية أكبر. وبصرف النظر عن الناحية الجمالية، دبغ الجلد يعتبر بمثابة جهاز وقاية للجلد ضد تلف الأشعة فوق البنفسجية. تعرض الجلد للشمس يحول اللون الأحمر الوردي السلمونى Salmon Pink إلى بنى ذهبي Golden Brown بالتفاعل الكيموضوئى. والميلانين الناتج فى الخلايا والذي يطلق عليه الخلية المقاومة السوداء Meleno Cytes هو الذي يعطى الجلد اللون البني.

صباغة الميلانين Melanin Pegmantation، نوعان:

1- بنائي Constitutive- لون الجلد المعروف فى الأجناس المختلفة تحدده العوامل الوراثية فقط.

2- اختيـــارى أو إرادي Faculative - الزيـــادة العكســـية فى الصـــباغة بالاستجابة لأشعة UV.

يوجد نوعان من صباغة الجلد أحدهما عاجل والآخر متأخر (آجل):

- عتامة الصبغة العاجلة Immediate Pigment Darkening (IPD)

عبارة عن عتامة لحظية تحدث للجلد المعـرض لأشـعة UVA والضـوء المرئـي كلما زادت الصباغة كلما زادت القدرة على إظهار IPD. الصـباغة العاجلـة يمكـن أن تصبح واضحة فى أثناء التعرض لمـدة 5 إلى 10 دقـائق لشـمس الصـيف وعـادة تختفي بعد ساعة أو ساعتين.

الدراســات بالميكروســكوب الإلكتــروني أظهــرت أن الكيميــاء الضــوئية للملانين هي الآلية الغالبة فى IPD.

- الصباغة المتأخرة Delayed Tanning

الصباغة المتأخرة الأكثر شيوعا تصبح ملحوظة بعد حـوالي يـوم أو يـومين مـن التعرض للشمس، وتزداد تدريجيا لمدة عدة أيام وقد تستمر لأسابيع أو أشهر.

يلي التعرض لأشعة UVR زيادة فى عدد الخليـة اللمفيـة السـوداء الوظيفيـة Functioning Melanocytes وزيـادة نشـاط أنـزيم تيروسـيناز Enzyme tyrosinase. وهذا يؤدى إلى تكون ميلانين جديد ومـن ثم زيـادة فى عـدد حبـوب الميلانين خلال البشرة.

- الشيخوخة الضوئية Photo aging

العلامات الطبية للشيخوخة الضـوئية للجلـد تشـمل: الجفـاف، الانكمـاش العميق، تجاعيد الجلد Furrows، هبوط الجلـد Sagging، فقـد المرونـة، صـباغة مبقعـة Mottled Pigmentation، وتمـدد فى الأوعيـة الشـعرية

Telangiectastia. هذه الخصائص تعكس التلف البنائى الشديد فى البشرة. وقد وجد أن ربما أكثر من 80% من حالات الشيخوخة الضوئية الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية الشمسية تحدث فى مدى العشرين سنة الأولى من الحياة باستثناء هؤلاء الذين ينتج عن نظام حياتهم تعرض قوى للأشعة.

- طيف الفعل للشيخوخة الضوئية Action Spectrum of Photo aging

الأهمية النسبية للأطوال الموجية المختلفة فى شيخوخة جلد الإنسان ليس من السهل تحديدها نظرا لفترة الكمون Latent الطويلة والتقدم البطيء للشيخوخة الضوئية بدلا من ذلك اعتمد الباحثون على النتائج التي حصلوا عليها من تجاربهم على الفئران المنزوعة الشعر أو الخنازير.

حيث إن تقريبا ثلث أشعة UVA وأقل من 10% من أشعة UVB الساقطة على الجلد الأبيض تنفذ إلى البشرة Derm، ليس من المستغرب أن نتائج الدراسات الحديثة قد بينت أن التشعيع المزمن بأشعة UVA, UVB على جلد الفئران منزوعة الشعر ينتج عنه تغيرات هيستولوجية Hystological وفيزيائية ومرئية مميزة للشيخوخة الضوئية.

يجب أن نتذكر أن أشعة الشمس لا تشمل فقط UVR بل أيضا الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء. الضوء الأبيض يعتقد أنه غير مهم فى الشيخوخة الضوئية لكن الدراسات قد أكدت أن الأشعة تحت الحمراء يمكنها إتلاف الوسط البشرى بالرغم من الوقاية من الشيخوخة الضوئية. استخدام حواجز شمسية عليا قد بينت أنها تحجب Inhibit أو تمنع أو تهبط الشيخوخة الضوئية فى الفأر المعرض لضوء الشمس فترة طويلة.

- سرطان الجلد Skin Cancer

التعرض الزائد أو المتكرر لفترات طويلة تصل إلى عدد من السنين يسبب بعض أنواع سرطانات الجلد.

أكثر السرطانات شيوعا فى الولايات المتحدة، سرطانات الجلد، يشخص كل عام أكثر من مليون حالة جديدة لسرطان الجلد وذلك يوجد فى ولاية الأريزونا وأيضا فى أستراليا.

- عوامل الخطر Risk Factors

بعض عوامل الخطر لإصابة الفرد بسرطان الجلد تكون خارج نطاق تحكم الفرد.

1- تاريخ العائلة

الأفراد الذين لديهم تاريخ عائلي فى سرطان الجلد يصبح احتمال إصابتهم بسرطان الجلد أكثر من غيرهم ممن لا يوجد لديهم هذا التاريخ.

2- الخصائص الفيزيائية (الطبيعية)

الأفراد ذو الجلد الأشقر والعيون الخضراء والزرقاء والشعر الأحمر والذين لديهم نمش يكون احتمال تعرضهم لخطر السرطان أكثر بكثير من غيرهم.

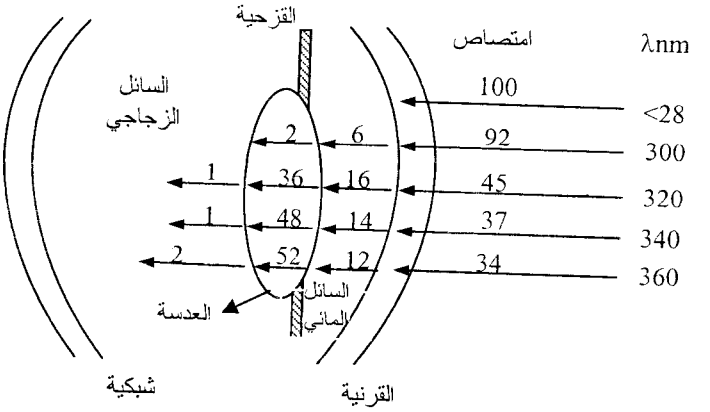
3- البيئة

الأفراد الذين يعيشون أو يعملون أو يلعبون بالقرب من خط الاستواء عند مستويات مرتفعة فى أماكن جافة ومشمسة يكونون أكثر عرضة لخطر التعرض للشمس وحروق الشمس، وسرطان الجلد. الجبال عندها بعض من أشعة UV الأكثر شدة من على الأرض ، عند ارتفاع حوالي 10000 قدم تكون UV أكثر شدة بنسبة 50% من قيمتها عند مستوى البحر وأيضا نقص سمك طبقة أوزون الأرض الواقية تزيد تعرض أي فرد لأشعة UV. أثبتت الأبحاث أن النقص فى سمك طبقة الأوزون بمقدار 1% يزيد من شدة أشعة UV بمقدار 2%. يمكن أن تؤدى

الزيادة فى شدة UV بمقدار 2% إلى زيادة مقدارها من 2% إلى 4% فى سرطان الجلد. وتوجد علاقة واضحة بين تآكل طبقة الأوزون والزيادة فى شدة التعرض لأشعة UV.

تأثيرات UVR الشمسية على العين
Effects of Solar UVR on Eye

الدليل على وجود صلة بين التعرض للأشعة فوق البنفسجية وتلف العين كان إلى وقت قريب ضعيفا. وعلى أي حال، الدراسات التي تمت حديثا دعمت هذه الصلة وأثبتت أن أشعة UVB هي جزء من الأشعة فوق البنفسجية الأكثر إضرارًا وإتلافًا للعين. ويبين شكل (6) درجة اختراق الأطوال الموجية المختلفة للأشعة فوق البنفسجية لأجزاء العين .



شكل (6) يبين اختراق أشعة UV للعين.

التأثيرات على القرنية
Effect on Cornea of Eye

الربط بين التعرض لأشعة UVB والتهاب القرنية الضوئي Photo Keratitis أو العمى الثلجي Snow Blindness قد ثبت فى وقت ما. المستويات المحيطة من أشعة الشمس UVR تشير إلى أن اضطراب القرنية يكون

مقصورا إلى حد كبير بالحقول الثلجية والصحارى. لقد قدر أن التعرض لمدة ساعتين تقريبا فى العراء فى منتصف النهار على أرض مغطاة بالثلج يكون كافيا لحدوث إلتهاب قرني ضوئي، والتعرض من 6 – 8 ساعات يكون كافيا فى حالة الأرض الرملية.

لقد تبين أن العاملين فى العراء مع التعرض الشمسي العالي فى منتصف النهار تكون مخاطرهم لتكوين الأجنحة **Pterygium** ثلاثة أضعاف (نمو لحمى على القرنية الصافية العادية). وتكون هذه المخاطر ستة أضعاف ليتكون عندهم ترسيب بروتين محول على القرنية السطحية يؤدى إلى عتامة القرنية.

التأثيرات على العدسة Effects on the Lens

الدراسات على حيوانات التجارب قد أكدت أن تطور أنواع معينة من الكتاراكت (عتامة العدسة المياه البيضاء) يرتبط بتعرض العين لأشعة **UVB** الحادة. الدراسات قد وجدت استجابة مشابهة فى الإنسان.

فى حالة العين الطبيعية تمنع عدسة العين الأشعة فوق البنفسجية من الوصول إلى الشبكية، لكن فى حالة الناس الذين أجروا عملية إزالة عدسة العين بسبب الكاتاراكت على سبيل المثال، يمكن فى هذه الحالة أن يفقد هؤلاء الناس بصرهم نتيجة التعرض لأشعة **UV** ولتجنب ذلك يجب زرع عدسات ماصة لأشعة **UV** أو استخدام نظارات بعدسات ماصة لأشعة **UV**.

الجهاز المناعي

حديثا بينت نتائج الأبحاث أن أشعة **UV** يمكن أن تضر الجهاز المناعي وتسبب هبوطًا فى هذا الجهاز.

7.2 الوقاية من أشعة الشمس Sun safety

بدون الشمس لا يمكن ببساطة أن تكون للحياة وجود على الأرض، فهي تزودنا وتزود بيوتنا بالضوء والدفء وعلى أي حال أشعة الشمس يمكن أن تكون أيضا ضارة. التعرض الزائد للأشعة فوق البنفسجية الشمسية يمكن أن تتلف الجلد والعين. تأثيرات التلف الشمسي تشمل:

1- النمش أو الكلف

2 - الصبغة السوداء للجلد

3- حروق الشمس

4- انكماش الجلد

5- المياه البيضاء

6 - سرطان الجلد

منع إتلاف الجلد والعين

حتى لو كنت غير قادر على التحكم فى نوع جلدك أو أين تعيش، فيمكنك التحكم فى قدرتك على أن تكون أمنا من الشمس. معظم سرطان الجلد ينتج من التعرض الزائد لأشعة الشمس UV. بتقليل تعرضك للشمس فإنك تساعد على منع السرطان الجلدي.

ينبغي أن تكون أنت وعائلتك حذرين من مخاطر التعرض الزائد للشمس وتستخدموا كل وسائل الأمان ضد الشمس للوقاية من المشاكل الصحية الناجمة عن التعرض للشمس.

حدد وقتك فى الشمس

- تكون UV أكثر شدة فى الفترة من 10 صباحا حتى الثالثة مساء. لذلك نظم نشاطك فى الخلاء قبل وبعد ساعات ذروة شدة الشمس.

- حدد وقتك فى الشمس فى كل دورة سنوية للشمس يمكن أن تتخلل UV السحب. الثلوج يمكن أن تعكس UV إليك وتسبب حروق الشمس الشديدة. إذا اضطرتك الظروف إلى التواجد فى الخلاء فى ساعات ذروة الشمس احرص على أن يكون معك مظلة أو تتواجد فى المساحات المظللة.
- المظلات والأشجار وظلال البيوت هي مصادر جيدة للظل.
- الملابس **Clothing**

ينبغي أن تغطى الملابس كل الجلد، مثل القمصان ذات الأكمام الطويلة وتكون بياقات وسراويل طويلة – ملابس سباحة واقية من الشمس وجوارب وأحذية.

- اختيار الملابس ضيقة النسيج أو محكمة بحيث تكون الفراغات بين الخيوط أقل ما يمكن.
- اختيار الملابس ذات اللون الغامق لأنها جيدة الامتصاص لأشعةUV أكثر من الملابس ذات الألوان الفاتحة.
- اختيار المنسوجات ذات الأوزان الثقيلة لأن قدرتها على منع UV أكثر من الملابس ذات الوزن الخفيف.
- لبس قبعات ذات أحرف عريضة.
- لبس نظارات شمسية تمنع 100% أشعة UV.
- استخدام واقي للشمس (دهان) **Use Sunscreens.**
- استخدام واقي (دهان) للشمس مع تغطية كاملة بالملابس .
- استخدام الدهان للوقاية وليس لتطويل مدة التعرض لأشعة UV.
- اختيار دهان واسع الفائدة لمنع UVA المسببة لشيخوخة الجلد، UVB المسببة لحروق الشمس.
- اختيار دهانات تقاوم الماء لكي لا تغسل بسهولة بالماء.
- تكرار استخدام الدهان كل ساعتين وبعد السباحة والتنشيف أو العرق.
- استخدام الدهانات قبل الخروج إلى الشمس بنصف ساعة لكي يكون هناك وقت لكي يمتص الجلد هذه الكيماويات.

تجنب أسرة صباغة الجلد ومصادر UVB الصناعية

- مصابيح الشمس تسبب السرطان.

بالرغم من بعض الادعاءات أنها أكثر أمانا، أشعة UV من أكشاك صباغة الجلد ليست آمنة تماما، ولكن فى الحقيقة قد ارتبطت بسواد الجلد Mela Noma والتهاب العيون وهبوط فى جهاز المناعة.

أسرة صباغة الجلد تسبب تعرض مرتفع الشدة - لأشعة UVA . هذه الأشعة يمكن أن تنفذ بعمق فى أنسجة البشرة ويمكن أن تؤثر فيها وتضعف الأنسجة الضامة للجلد وهذا يعجل من الشيخوخة الضوئية للجلد وأيضا التجاعيد.

من الثابت أن أشعة UV المنبعثة من مصابيح الشمس فى أكشاك صباغة الجلد يمكن أن تسبب إتلاف الجلد والعين وتكرار استخدام أكشاك الصباغة يمكن أن يسبب سرطان الجلد. وكالات حماية البيئة تحذر من استخدام هذه المصابيح وتطلب وضع علامة للتحذير على كل مصباح.

أشعة UV الخطيرة

تجنب التعرض الزائد،كما فى حالة ضوء الشمس الطبيعي، التعرض الزائد يمكن أن يسبب إصابة العين والجلد وتفاعلات الحساسية المفرطة. تكرار التعرض يمكن أن يسبب الشيخوخة المبكرة للجلد وسرطان الجلد.

جدول (6) يوضح مصادر الأشعة فوق البنفسجية الشائعة فى مكان العمل

المصدر	حد التعرض الزائد	وصف الأضرار
الشمس	مرتفع جدا	أشعة UV من الشمس تكون أعظم ما يمكن فى الربيع والصيف من 11 صباحا حتى الرابعة مساء. يجب أن لا يزيد التعرض عن 15 دقيقة فى يوم الصيف الصافي والسحب لا تؤثر كثيرا.
أقواس اللحام الكهربائية	مرتفع جدا	فى حالة أقواس اللحام يزيد خطر التعرض لأشعة UV، لا يزيد الوقت عن 15 ثانية على بعد مترين من القوس.
مصباح العلاج بأشعة UV	متوسط	المصباح يكون عادة فى صندوق لكن بعض أشعة UV يمكن أن تهرب من الفتحات.

المصدر	حد التعرض الزائد	وصف الأضرار
الأضواء السوداء	متوسط	مصدر لأشعة UV قوىبطول موجي واحد ولا يعد ضوءًا مرئيًا.
مصباح الإخصاب	مرتفع	*تصمم معظم مصابيح الإضاءة بحيث لا تبعث أو تنفذ قدرا ضئيلا من أشعة UV
ليزرات UV	مرتفع	هى مصادر لأشعة UV المركزة عند طول موجي واحد مع عدم وجود ضوء مرئي
الإضاءة	منخفض	معظم المصابيح المستخدمة فى الإضاءة مصممة بحيث تبعث قليلا من أو لاتبعث على الإطلاق أشعة UV.
مصابيح الدبغ	مرتفع	وهذه تبعث عادة UVA و يجب أن يزيد الحد المسموح به لكي تسبب الدبغ (التان)

8.2 تأثير أشعة الشمس فوق البنفسجية على الأحياء المائية

تغطى المياه البحرية 71 % من سطح الأرض. الكائنات التي تعيش سواء فى المياه العذبة أو مياه المحيطات يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات.

1- السابحة Swimmers (Nekton)

2- سكان القاع Bottom- Dwellers (Benthos)

3- المتحركة مع التيار Drifters (Plankton)

الأحياء الطافية سواء كانت حيوانية أو نباتية هي مجموعة يطلق عليها Icthy-Plankton وهى البيض واليرقات المتحركة مع التيار لكثير من أصناف الأسماك. النباتات الطافية تستمد طاقتها من ضوء الشمس ونتيجة لذلك تعيش فى أعلى 100 متر من الماء، حيث ينفذ ضوء شمس كافى. وحيث إن الكائنات الحيوانية تعتمد على الكائنات النباتية فهي تعيش أيضا فى هذا النطاق.

التأثيرات الضارة لأشعة الشمس فوق البنفسجية على الكائنات البحرية معروفة منذ أكثر من 70 عاما والدراسات الحديثة تؤكد ذلك.

يخترق ضوء الشمس UVR المياه الطبيعية إلى أعماق بيولوجية مهمة ودرجة اختراق أشعة UVR وخصوصا فى منطقة UVB تعتمد بشدة على الخواص البصرية للمواد العضوية الذائبة والعالقة.

9.2 التأثير على النباتات البحرية

التأثير الضار لأشعة الشمس UVB على النباتات البحرية سوف يحدث عند أعماق تصل إلى 20 مترا فى المياه الصافية، 5 أمتار فى المياه المعكرة. إذا افترض أن النباتات البحرية تحس وتنظم نفسها فى مواقعها الرأسية بطريقة ما تحدد التعرض لأشعة UVB إلى مستوى مقبول عندئذ أي زيادة فى أشعة UVB المحيطة الناتجة عن تفريغ الأوزون سوف يحتاج إلى تحريك إلى أسفل حيث يوجد نقص فى الضوء المطلوب فى عملية التمثيل الضوئي ومن ثم خفض فى الإنتاجية. أيضا، التأثيرات غير المباشرة لمستويات أشعة UVB المحيطة تؤثر فى استمرار حياة النباتات البحرية بخفض إمكانية تحركها أو انتقالها وتثبيط استجابتها للضوء. وقد وجد أن انخفاض قدره 25% فى غلاف الأوزون سوف ينتج عنه زيادة فى مستويات أشعة UVB على أسطح المحيطات مما يؤدى إلى نقص قدره 35% تقريبا فى عملية البناء الضوئي للنباتات المائية.

10.2 التأثيرات على الحيوانات المائية

أثبتت الدراسات أن تشعيع الكائنات الحيوانية البحرية بأشعة UVBسوف يسبب تلفًا غير عكسي أو/ وموت ويقلل إخصاب الأحياء.

تمثل الأسماك 18% من متوسط البروتين الحيواني المستهلك فى العالم، بالرغم من أنه فى آسيا حيث يعيش نصف سكان العالم تصل هذه النسبة إلى 40%. أي زيادة فى أشعة UVB سوف تؤدى إلى نقص فى مخزون الأسماك كمصدر غذائي

للإنسان، وخصوصا إذا كانت أنواع الحيوانات والنباتات البحرية التي تأقلمت على المستويات الزائدة من أشعة UVB لها قيم غذائية مختلفة عن الأنواع الموجودة.

11.2 تأثير UVR على النبات

قبل ثلاثين عاما لم يكن تأثير UVR على النباتات معروفا وحتى اليوم المعرفة مازالت مقتصرة على التأثيرات على المحاصيل الزراعية والقليل فقط معروف عن التأثيرات على بعض الأنظمة الطبيعية مثل الغابات والحشائش المروج Meaclouas والسافانا Safana والتندرا Tundra (البراري أو الصحارى الجليدية) والنباتات الجبلية Alpine.

يوجد أكثر من 350000 صنف من نباتات المحاصيل فى العالم وبالرغم من أن 80000 من هذه الأصناف صالح للأكل (Edible) ، فإن حوالي 3000 منها فقط يحصدها الإنسان ويستخدمها كغذاء، من 80 صنفًا من النباتات التي طوعها الإنسان، 15 صنفًا فقط هي التي تعتبر تقريبا المصدر الأساسي لكل سعرات الطعام وثلاثة أرباع البروتينات المستهلكة فى العالم.

استجابة النباتات لأشعة UVB يشمل: التغيرات الفسيولوجية، الكيمياء الحيوية والشكل الخارجي وأيضا التشريحية. على العموم UVR تؤثر تأثيرا ضارا على نمو النبات، وتقلص حجم الأوراق وتحدد المساحة المتاحة لأسر الطاقة. وقد تم الحصول على هذه النتائج من خلال دراسة تمت فى الصوبة البيوت الخضراء والتعريض للمصادر الصناعية للأشعة فوق البنفسجية. واستكمال الدراسة على تأثير زيادة الأشعة فوق البنفسجية الأرضية على عوائد المحصول لم يكن سهلا، فى هذه المحاولات الحقلية القليلة التي تمت فى الخلاء، كانت النتائج متباينة. وزيادة على ذلك تأثيرات UVR الطبيعية على النباتات سوف تتأثر بعوامل أخرى مثل النقص فى الماء Water Shortages، ونقص المعادن وزيادة تركيزات ثاني

أكسيد الكربون. من الملحوظ أن الزيادة فى مستويات (المحيط من ثاني أكسيد الكربون " تأثير البيوت الخضراء") لها تأثير مفيد على النباتات، ولكن هذا ليس بالضرورة تعويض زيادة الأخطار المتوقعة من زيادة أشعة UVB المحيطة والناتجة عن تفريغ الأوزون. فى الواقع معلومات أكثر تكون مطلوبة من أجل عمل أي تقديرات على ما إذا كانت تغيرات UVB المحيطة تؤثر تأثيرا فعالا على الإنتاجية الكلية للمحاصيل.

جدول(7) يبين بعض خصائص الشمس.

العمر فى الوقت الراهن	4.5×10^9 years
العمر المتوقع	10×10^9 years
المسافة إلى الأرض	
المتوسط	1.496×10^{11} m = 1.000AU
الاختلاف	1.016736 to 0.98329 AU
القطر (الفوتوسفير)	1.39 X 109 m
القطر الزاوي (من الأرض)	9.6×10^{-3} radians
الاختلاف	± 1.7 %
الحجم (الفوتوسفير)	1.41×10^{27} m^3
الكتلة	1.987×10^{30} Kg
المكونات	
هيدروجين	73.46 %
هليوم	24.85 %
أكسجين	0.77 %
كربون	0.29 %
حديد	0.16 %
نيون	0.12 %
نيتروجين، سيليكون، مجنيزيوم، كبريت..إلخ	<0.1 %
الكثافة	
المتوسط	14.1 Kg/m^3
المركز	1,600 Kg/m^3
الإشعاع الشمسي	
الشمس الكاملة	3.83 X 1026W
وحدة المساحة من السطح	6.33×10^7 W/m^2
درجة الحرارة	
المركز	15,000,000K
السطح (الفوتوسفير)	6,050K
الهالة	800,000 – 3,000 K