العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية • السنة السادسة عشر • العدد الثالث والستون • رجب ١٤٢٣هـ/سبتمبر٢٠٠٢ م

الفيزياء الحيوية

(الجزء الثاني)

التصوير بالرنين المغناطيسي

الطب النووي

مخاطر أشعة الليزر

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهـــاج النشـــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــات العـــدد

- مجموعة الفيزياء الحيوية ـــــ ٢
- الاتزان الحراري في الجسم البشري ـــ ٤
- التصوير بالرنين المغناطيسي ـــ ٩
- الموجات الدقيقة وموجات الراديو ـــ ١٤
- الموجات فوق السمعية في الطب ـــ ١٨
- عالم في سطور ـــــ ٢٢
- الطب النووي ـــــ ٢٣
- العلاج بالإشعاع ـــــ ٢٨
- الفيزياء الحيوية لليزر ـــــ ٣٣
- مخاطر أشعة الليزر ـــــ ٣٨
- الأشعة التشخيصية ـــــ ٤٢
- استخدام المناظير الضوئية في الطب ٤٦
- المجاهر ـــــ ٥٠
- الجديد في العلوم والتقنية ـــ ٥٥
- عرض كتاب ـــــ ٥٦
- كتب صدرت حديثاً ـــــ ٥٨
- كيف تعمل الأشياء ـــــ ٥٩
- مساحة للتفكير ـــــ ٦٢
- بحوث علمية ـــــ ٦٤
- من أجل فلذات أكبادنا ـــ ٦٦
- شريط المعلومات ـــــ ٦٧
- مـــع القـــراء ـــــ ٦٨

الموجات فوق السمعية في الطب

العـــلاج بالإشعـــــاع

استخدام المناظير الضوئية في الطب

المراســـــلات

رئيس التحرير

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ـ الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

هاتف: ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥ ـ ناسوخ(فاكس) ٤٨١٣٣١٣

البريد الإلكتروني : **jscitech@kacst.edu.sa**

Journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

المشـرف العـام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام ورئيس التحرير

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئـة التحريـر

د. إبراهيم المعتاز

د. محمد فاروق أحمد

د. عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم

د. إبراهيم بن محمود باباللي

د. عبد الرحمن بن علي القريشي

د. إياس بن سمير الهاجري

* * *

العلوم والتقنية

سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
أ. حمد بن محمد الحنطي
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني
أ. خالد بن سعد المقبس

التصميم والإخراج

عبد السلام سيد ريان
محمد علي إسماعيل
خالد بن محمد الزهراني
سامي بن علي السقامي
فيصل بن سعد المقبس

*****

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يتعرض البشر للعديد من الأمراض الفتاكة التي تصيب أعضاءه الداخلية فتؤدي - في أحيان كثيرة - إلى وفاته، دون أن يتم التعرف على ماهيتها وأسبابها.

قراءنا الأعزاء

لقد كان تشخيص الأمراض وعلاجها يعتمد إلى حد كبير على أعراض المرض التي تظهر خارجياً على جسم المريض، ولكن عندما كان القرن التاسع عشر الميلادي يلفظ أنفاسه الأخيرة ظهرت بدايات طرق متقدمة وفعالة لتشخيص الأمراض، فأحدثت ثورة هائلة في طرق تشخيص وعلاج كثير من الأمراض المستعصية، الداخلية منها والخارجية، وذلك عندما اكتشف العالم الألماني رونتجن في عام ١٨٩٥ م أشعة لم يدرك كنهها في ذلك الوقت، فأطلق عليها الأشعة السينية، وكذلك اكتشاف النشاط الإشعاعي في عام ١٨٩٦ م، فأدى ذلك إلى فتح بوابة واسعة لتقنيات جديدة للتشخيص والعلاج، حيث لم يمض على ذلك سوى فترة وجيزة حتى تم شفاء أول مريض بالسرطان عن طريق معالجته بالإشعاع عام ١٨٩٩ م، وبعد نصف قرن من ذلك التاريخ ظهر الطب النووي الذي أصبح الآن من التخصصات الطبية المهتمة في معالجة وتشخيص الأمراض الخطرة.

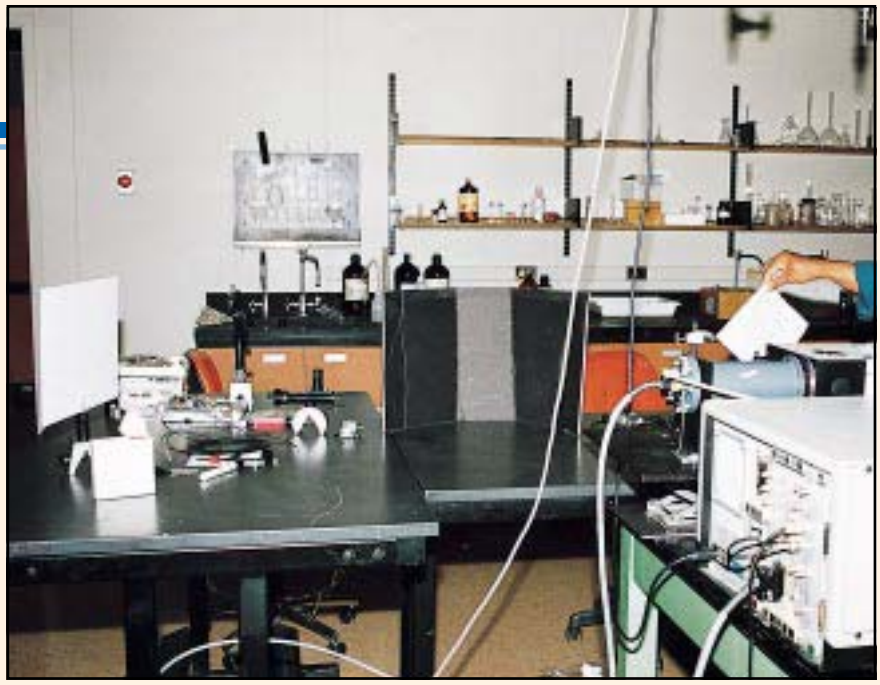
قراءنا الأعزاء

توالت الاكتشافات والتطورات العلمية والتقنية في مجال التشخيص والعلاج عن طريق الأشعة حتى بلغت شأواً بعيداً في عصرنا الحاضر، لم يتوقف ذلك على استخدام الأشعة فقط، بل دخلت إلى عالم التشخيص الموجات فوق السمعية، والموجات الدقيقة، والمجاهر، والمناظير، والليزر، وغيرها.

قراءنا الأعزاء

يسعدنا أن نقدم لكم الجزء الثاني من موضوع الفيزياء الحيوية حاملاً بين دفتيه المواضيع التالية: الاتزان الحراري، والرنين المغناطيسي، والموجات الدقيقة، والموجات فوق السمعية، والطب النووي، والعلاج بالأشعة، والفيزياء الحيوية لليزر، ومخاطر أشعة الليزر، والأشعة التشخيصية، والمناظير، والمجاهر، إضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد.

والله من وراء القصد، وهو الهادي إلى سواء السبيل،،،



مجموعة بحوث الفيزياء الحيوية والطبية

قسم الفيزياء، كلية العلوم / جامعة الملك سعود

تعد مجموعة بحوث الفيزياء الحيوية والطبية من أحدث المجوعات العلمية المنضوية تحت قسم الفيزياء بكلية العلوم جامعة الملك سعود. وتقوم هذه المجموعة بالعديد من البحوث المتعلقة بتأثير الظواهر الفيزيائية على الخلية الحية مثل تأثير الإشعاعات المؤينة وغير المؤينة على الكائنات الحية، وكذلك علاقة الفيزياء بالتشخيص والعلاج.

تهتم هذه المجموعة سواء كانت منفردة أو بالاشتراك مع المجموعات البحثية الأخرى في قسم الفيزياء وكذلك الأقسام الأخرى داخل الجامعة ومراكز البحوث والمستشفيات وغيرها، بالمجالات البحثية المختلفة.

● أهداف المجموعة

تهدف المجموعة بجانب بحوثها الأكاديمية والتطبيقية في مجالات الفيزياء الحيوية والطبية إلى العمل على إلمام خريج قسم الفيزياء سواء على مستوى مرحلة البكالوريوس أو الدراسات التمهيدية للماجستير، بدرجة جيدة بالتقنيات الحديثة التي تؤهله للعمل في مراكز البحوث والمستشفيات والمراكز الطبية التي تستخدم الإشعاع النووي في التشخيص والعلاج، وكذلك تلك التي تستخدم الأشعة الكهرومغناطيسية والموجات فوق السمعية، وتأمل المجموعة أن تنتهي الإجراءات الإدارية لأقرار مشروع ماجستير الفيزياء الحيوية والطبية خلال الفصل الدراسي المقبل بإذن الله.

● الدراسات والأبحاث

تستخدم الفيزياء الحيوية نظريات وتقنيات الفيزياء في دراسة الظواهر الحيوية في الأجسام الحية ومكوناتها وتأثرها بالموثرات الطبيعية مثل الموجات الكهرومغناطيسية، وقد قامت المجموعة بعدة دراسات وأبحاث منها:

١- تأثير الموجات الكهرومغناطيسية غير المؤينة والسائد استخدامها الآن في المجالات المختلفة (مثل مجالات: الاتصالات والطب والصناعة) على الخلايا والأجسام الحية، وفي هذه الدراسة تم التركيز على تأثير الموجات الدقيقة (Microwave) التي تستخدم في تشغيل الهواتف الجوالة على الليبوزومات التي تعد نموذج للخلية الحية. ويكمن السبب في التركيز على دراسة تأثير هذه الأشعة على الخلايا الحية نتيجة للغط الكثير الذي صاحب استخدام هذه الأشعة في الهواتف الجوالة، وأنها قد تسبب أمراضاً من أخطرها السرطان.

استخدم في هذه الدراسة عدة تقنيات فيزيائية وكيميائية مثل تقنية ثابت العزل وطيف الامتصاص والإذابة الكيميائية. وقد دلت النتائج أن الموجات الدقيقة المستخدمة في الهواتف الجوالة رغم ضعف طاقتها - أقل من الحدود المسموح بها دوليا - إلا أنها تؤثر على نفاذية الخلايا المستخدمة والممثلة بالليبوزومات. ويؤيد هذا بالطبع التوصية بعدم استخدامها لمدة طويلة، وأن لاتستخدم بواسطة الأطفال، وألا توضع بجوار الرضع.

٢- أثر الموجات الدقيقة ذات الشدة والتردد السابق استخدامها في حالة الليبوزومات على الحمل والإجهاض بإستخدام فئران التجارب بعد الحمل مباشرة، وذلك بالاشتراك مع قسم الكيمياء الحيوية بالكلية. وقد دلت النتائج الأولية للبحث على أن تعرض الفئران الحوامل لمدة طويلة للموجات الدقيقة يؤثر على إفراز الهرمونات، وخاصة تلك التي تتعلق بالإجهاض.

٣- تأثير المجالات الكهرومغناطيسية الناشئة عن الجهد العالي المتردد بذبذبة ٦٠هرتز على الأنشطة السكانية أسفل خطوط الجهد العالي التي تغذي الشبكة الكهربائية. تم لهذا الغرض تجهيز خلية

● جانب من المختبر يختص بتحضير الليبوزومات.

● خلية إنتاج المجالات المغناطيسية وإعاشة حيوانات التجارب.

كهربية محاطة بجهود عالية جداً وصالحة لإعاشة فئران التجارب لمدة طويلة. وسيتم بعد ذلك دراسة التغيرات البيوفيزيائية والكيمو حيوية التي يمكن أ ن تنشأ نتيجة للتعرض لمثل هذه المجالات.

٤ـ تحضير الليبوزومات (حويصلات دهنية تستخدم لمحاكاة دراسة غشاء الخلية الحية من حيث التركيب والعمل) ودراسة خواصها المختلفة وتجهيزها للتطبيقات المختلفة، حيث يتم تحضيرها بأشكال وأحجام مختلفة حسب نوع الدهون المستخدمة وطريقة التحضير، وعليه يوجد بالمختبر أنواع عديدة من الدهون الطبيعية والصناعية مثل تلك المستخرجة من صفار البيض أو فول الصويا (دهون نباتية) والتي تختلف في تركيبها الكيميائي وخصائصها البيوفيزيائية، وطبيعة عملها خلال الأغشية الحية. كذلك من الممكن خلط مجموعة من تلك الدهون خلال عملية التحضير لإنتاج حويصلات ذات طبيعة خاصة لخدمة أهداف البحث الذي يتم إجراءه.

كذلك يتم بالمختبر تحميل الليبوزومات ببعض الأدوية الهامة والضرورية لدراسة تأثيرها الإيجابي والسلبي. فعلى سبيل المثال عند تحميل دواء مثل الدكسوربين المستخدم في علاج أمراض(Doxil) السرطان في الليبوزومات زادت كفائته العلاجية، وفي نفس الوقت قلت سميته بالنسبة لأغشية القلب. كما وجد أنه بعد تحميل الليبوزومات ببعض المواد بالاضافة إلى الدواء نفسه زاد زمن سريانه داخل الجسم بسبب عدم تعرف الجهاز المناعي للجسم عليها وينعكس هذا بدوره على تقليل كمية الدواء التي يأخذها المريض، مما ينعكس إيجاباً على صحته وتكاليف العلاج.

يمكن ايضا تحميل الليبوزومات ببعض الصبغات التي تستخدم خلال عمليات التصوير والتشخيص لإجهزة الجسم المختلفة، وذلك لزيادة دقة هذه العمليات والكشف عن التركيبات الدقيقة.

٥ـ دراسة العظام عن طريق قياس خواصها البيوفيزيائية باستخدام التقنيات الفيزيائية المختلفة بهدف ايجاد بدائل للعظام تمتاز بخواص مشابهة لها، بحيث تكون صالحة للإستخدام في حالات ترميم كسور العظام.

● التجهيزات

يحتوي مختبر مجموعة الفيزياء الحيوية بقسم الفيزياء كلية العلوم جامعة الملك سعود على العديد من الأجهزة الحديثة، خاصة في مجال تحضير ودراسة الليبوزومات، منها ما يلي:-

ـ جهاز ضخ غاز النيتروجين لمنع عملية الأكسدة أثناء التحضير.

ـ جهاز فصل المواد ذو السرعات العالية تحت التبريد.

ـ موازين تبلغ حساسيتها جزء من المليون من الجرام.

ـ جهاز قياس الفلورة (Spectrofluoremeter) الناشئة عن المواد التي يتم تحميلها في الليبوزومات بالإضافة إلى استخدامه لدراسة العديد من المواد من حيث التركيب والتفاعل وكفاءة التصنيع.

ـ جهاز قياس ممالامتصاص الضوئي(Spectrophotometer) والذي يستخدم في دراسة تركيب المواد وكثافتها نتيجة لامتصاص الأطوال الموجية المختلفة للضوء.

ـ جهاز فصل العينات حسب وزنها الجزئي (Chromotography) والذي يمكن بواسطته تحديد أوزان المواد المجهولة، وكذلك دراسة مدى التأثيرات الخارجية على تركيب تلك المواد.

ـ جهاز قياس الخواص الكهربية للمواد، والذي يحتوي على تجهيزات خاصة تجعله مناسبا لقياس المواد البيولوجية السائلة.

● التدريب

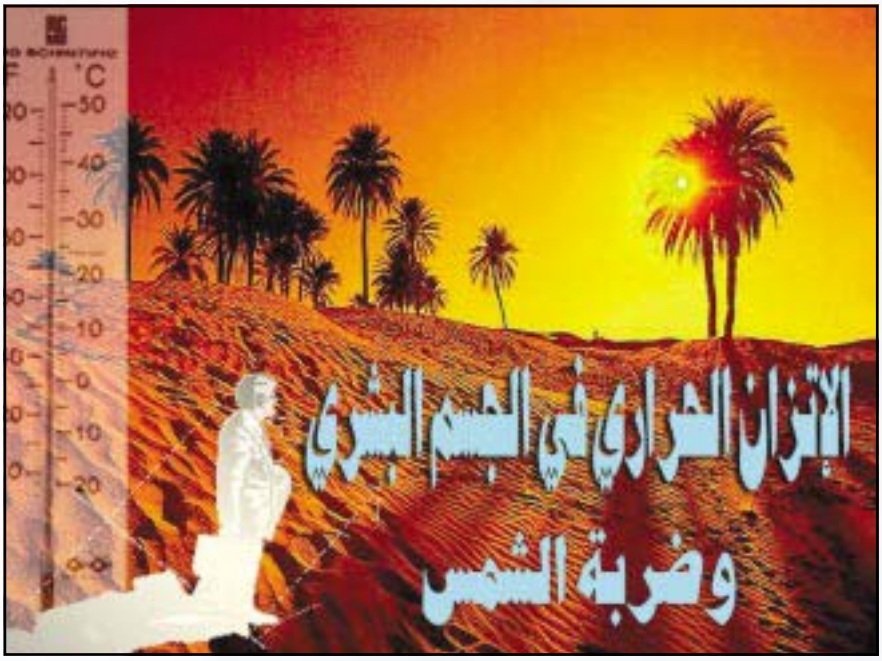
تهتم المجموعة بتدريب بعض طلاب مشاريع البحوث لمرحلة البكالوريوس على كيفية التخطيط الاشعاعي العلاجي وحساب الجرعات الاشعاعية اللازمة لكل عضو للمرضى الذي يعالجون باستخدام الاشعاع النووي. كذلك يساهم اعضاء المجموعة في الدورات التدريبية المتخصصة التي يقدمها القسم بالتعاون مع عمادة مركز خدمة المجتمع والتعليم المستمر في مجالات الوقاية من الاشعاعات المؤينة.

● المشاريع المستقبلية

تقدمت المجموعة بعدة مشاريع بحثية منها: مشروع يهتم بتأثير أشعة الليزر على الخواص البيوفيزيائية للدم، بهدف الحفاظ على خواص الدم أطول فترة ممكنة أثناء الحفظ، وسيتم تنفيذ هذا المشروع إن شاء الله بالتعاون مع مجموعة فيزياء الليزر والأطياف بالقسم.

كذلك تم إقرار مشروع مدعماً من مركز البحوث بكلية العلوم جامعة الملك سعود بين قسم الفيزياء (ممثلا في في مجموعة الفيزياء الحيوية والطبية) وقسم علوم الأغذية بكلية الزراعة بالجامعة. ويهدف المشروع المذكور إلى دراسة الخواص البيوفيزيائية والتركيبية لبيض الدجاج المنتج للبيض واللحم، بهدف تحسين خواصها وبالتالي زيادة الإنتاج.

● جهاز الفلورة من الأجهزة المستخدمة في بحوث الفيزياء الحيوية.



أ.د. منى صلاح الدين حسن طلعت

يمثل جسم الإنسان والكائنات الحية ذات الدم الحار نظام متكامل يحتوي على عدة نظم أخرى تعمل جميعاً بالتناغم تحت تحكم ورقابة المخ. من هذه النظم ما يقوم بانتاج الطاقة من الغذاء والشراب بواسطة العمليات الإيضية المختلفة. تستخدم هذه الطاقة ليس فقط لعمل أجهزة الجسم المختلفة، ولكن في حفظ درجة حرارته عند ٣٧مْ والتي تقوم بدور هام جداً لإتمام عمليات الإيض. وعلى هذا الأساس يقوم المخ بالتحكم في درجة حرارة الجسم لإبقائها عند هذه الدرجة مهما تغيرت الظروف البيئية المحيطة بالإنسان من إرتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة، وهذا ما يطلق عليه الإتزان الحراري.

يستعرض هذا المقال الطرق المختلفة التي يتبعها الجسم لكي يتزن حرارياً مع الوسط المحيط به، وكيف تقوم أجهزة الجسم المختلفة بتنفيذ هذه الطرق. كما يتناول ضربة الحر وعضة البرد من خلال أعراضها وطرق الوقاية منها والإسعافات الأولية.

إنتقال الحـــرارة

يكتسب (أو يفقد) الجسم الموجود في وسط له درجة حرارة معينة كمية من الحرارة (H)، أي طاقة مقدرة بالجول(الوحدة العلمية القديمة هي السعر «Calorie» ويساوي ٤,١٨٦جول) تتناسب طرديا مع كتلته (m) والفرق في درجة حرارته بالنسبة للوسط المحيط به (ΔT) حسب المعادلة :

$$H = c \Delta mT \text{ Joule}$$

حيث c مقدار ثابت يتوقف على مادة الجسم ونوعيته، وتسمى الحرارة النوعية (Specific Heat)، وتقدر وحداتها بالجول/الكيلو جرام. درجة ($J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$)، حيث K درجة الحرارة مقدرة بالكلفن (ويمكن أيضا أن تقاس بالدرجة المئوية). فمثلاً تبلغ الحرارة النوعية للماء ـ المكون الرئيس للمادة الحية ـ ٤١٨٦ جول/الكيلو جرام. درجة، أما إذا تحول هذا الماء إلى الحالة الصلبة (ثلج) فإن هذه القيمة تنخفض إلى النصف. ولهذا فإن الحرارة النوعية تختلف حسب مكونات الجسم، وبالتالي تختلف من حيوان إلى آخر، فمثلاً تبلغ الحرارة النوعية للفأر ٣٤٥٠جول/الكيلو جرام. درجة.

● قياس درجة حرارة الجسم بالثرمومتر.

وبالرغم من أن وحدة السعر لاتستخدم الآن في العلوم التي تتعلق بالحرارة (الميكانيكا الحرارية مثلاً) إلا أنها ما زالت تستخدم في تحديد أو قياس الطاقة المستمدة من الغذاء، ولكن في هذه الحالة فإن هذا السعر (c) يساوي ٤١٨٦ جول، وهو أكبر من السعر الذي كان مستخدماً علمياً بمقدار ١٠٠٠مرة.

يعد التغير في كمية الحرارة أثناء تحول المادة من حالة إلى أخرى هام جداً في النظم الحيوية، فمثلا لكي تتحول قطرات العرق على جلد الإنسان في درجته الطبيعية (٣٧مْ) من الحالة السائلة إلى الغازية فإنها تتطلب كمية من الحرارة ـ تأخذها من الجسم ـ تبلغ ٢,٤×١٠^{٦} جول/كيلوجرام، وهي أكبر من درجة تصعيد الماء في درجة ١٠٠مْ إلى بخار (Latent Heat of Vaporization)، التي تبلغ ٢,٢٦×١٠^{٦}جول/كيلوجرام. ويرجع ذلك إلى أن طاقة الربط بين جزيئات الماء عند درجة حرارة الجسم السليم (٣٧مْ) أكبر منها عند درجة حرارة الغليان (١٠٠مْ).

التبادل الحراري خلال الجسم

توفر الطاقة المنطلقة أثناء عمليات التمثيل الغذائي (الإيض) الحرارة اللازمة لجسم الإنسان والمحافظة عليها عند درجة (٣٧مْ) ، ويمكن تمثيل ذلك بالمتساوية (المعادلة) الآتية:

الطاقة الناشئة من إيض الغذاء = الطاقة اللازمة لتشغيل أعضاء الجسم المختلفة + الطاقة اللازمة لحفظ درجة حرارة الجسم عند المستوى الطبيعي له.

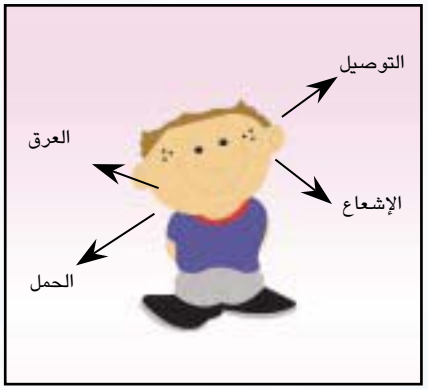
يقدر معدل استهلاك الطاقة في الجسم بوحدة تسمى المت (Met). تُعَرَّفْ بأنها معدل استهلاك طاقة مقدارها ٢,١×١٠^{٥}جول/م٢ (٥٠ كيلو سعر/م٢) من مساحة سطح الجسم لكل ساعة. وبالتالي فإن معدل إستهلاك الشخص المتوسط (العياري) الذي مساحة سطح

جسمه ١,٨٥م٢ للرجل، و١,٤م٢ للمرأة يكون مقدارها ٣,٨٥×١٠^٥جول/كيلوجرام. (٩٢كيلو سعر/ساعة، أو ١٠٧وات). أما الشخص العياري فيستهلك في وضع الراحة طاقة مقدارها (مت واحد) . يطلق على هذه القيمة معدل الإيض الأساس (Basal Metabdic Rate. BMR)، وتكفي بالطبع لعمل الوظائف الأساسية للجسم، وتعتمد على حالة الغدة الدرقية (Thyroid gland) حيث تزداد بزيادة نشاطها، وتقل في حالة خمولها. كما تعتمد على درجة حرارة الجسم، حيث وجد أن معدل الإيض الأساس يتغير بمقدار ١٠٪ لكل درجة مئوية يفقدها أو يكتسبها الجسم، وهذا يفسر لماذا يتم تبريد المريض أثناء العمليات الجراحية التي تستغرق فترة زمنية كبيرة، مثل عمليات القلب المفتوح والبيات الشتوي للحيوانات القطبية، والتي تستهلك أثناءه كميات قليلة من الطاقة تحصل عليها من مخزون الدهون الذي تراكم أثناء حياتها في الظروف الملائمة. هنا تجدر الإشارة إلى أن وزن جسم الكائن الحي والإنسان يعتمد على كمية الغذاء اليومي، فإذا كانت كميته تساوي الطاقة اللازمة لعمليات الإيض الأساس ونشاطه اليومي فإن وزنه سوف يبقى ثابتا. أما إذا زادت كمية الغذاء فإن هذا الجزء الزائد سوف يتحول إلى شحوم إي زيادة في الوزن.

آلية التوازن الحراري

لكي يتسنى للعمليات الإيضية أن تتم على أكمل وجه، وبالتالي يقوم الإنسان بجميع وظائفه فإنه يجب أن تكون درجة حرارة الجسم عند ٣٧مْ ، وهذا يعني أن التوازن ضرورياً بين العمليات الإيضية المنتجة للطاقة الحرارية اللازمة للجسم وبين الطرق التي يتبعها الجسم في اكتساب أو فقد هذه الحرارة، مثل الإشعاع،-Radia) (tion ، والحمل (Convection)، والتوصيل (Conduction)، والعرق (Perspiration)، شكل(١).

يقوم المخ بعمل التوازن الحراري داخل الجسم، وذلك بالسيطرة على جميع عمليات



● شكل (١) طرق فقد وإكتساب الحرارة.

فقد أو كسب الحرارة عن طريق منطقة الهيبوثلمس (Hypothalamus) التي تحتوي على مكونات ضبط حرارة الجسم (The Body's Thermostat)، حيث تتصل تلك المنطقة بجميع سطح الجسم عن طريق شبكة من الأعصاب الحسية لرصد حرارة الجلد (Thermoreceptors of Skin). فإذا زادت درجة حرارة الجسم زادت درجة حرارة منطقة الهيبوثلمس ـ تسمى درجة حرارة القلب «Core Temperature»ـ فتقوم بتحفيز خلايا العرق على افراز العرق، فيؤدي تبخره إلى خفض درجة حرارة الجلد، كما يقوم المخ بتنبيه الأوعية الدموية للتمدد (Vasodilation)، مما يزيد من تدفق الدم ونشره على مساحة كبيرة، وبالتالي تزداد الحرارة المفقودة بالإشعاع أولاً وبالطرق الأخرى سالفة الذكر ثانياً.

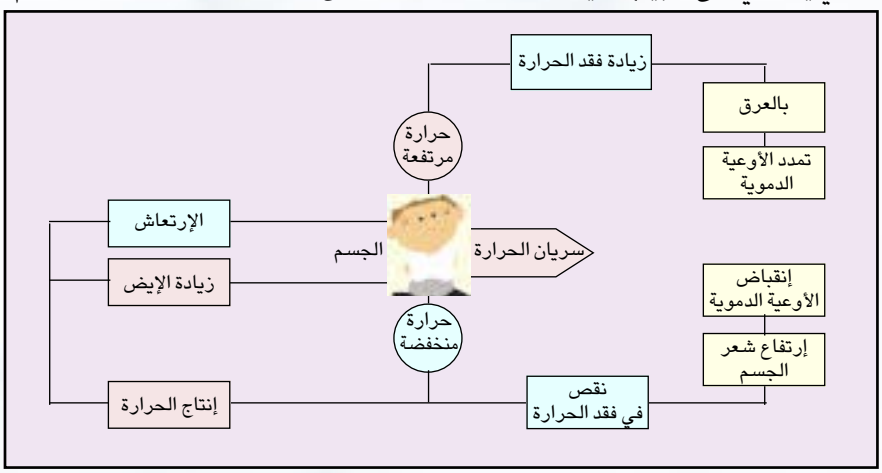
يمكن تمثيل تمدد الأوعية الدموية هنا لزيادة السطح المشع، كما هو الحال في مُشَعِعْ الحرارة في السيارة (Radiator) الذي يَحتوي على أنابيب رفيعة متجاورة لزيادة السطح المشع، وبذلك يسهل التخلص من حرارة محرك السيارة. وبالمثل إذا حدث إنخفاض في درجة الحرارة فإن المخ يقوم بإعطاء الأوامر إلى الأوعية الدموية بالانقباض (Vasoconstriction)، وإلى العضلات بالارتعاش (Shivering) (توليد حرارة)، وارتفاع في شعر الجسم لزيادة المنطقة العازلة، إضافة إلى زيادة في الإيض كما هو موضح في شكل (٢).

طرق فقد وإكتساب الحرارة

تنتج الطاقة اللازمة لعمل أجهزة الجسم عن العمليات الأيضية للغذاء ، وتقدر بحوالي ٨,٣٧×١٠^٦جول في اليوم. تطلق تلك الطاقة كمية حرارة مقدارها ٥,٨١×١٠^٣جول/دقيقة. وعندما تزيد درجة حرارة الجسم عن ٣٧مْ فإنه يجب على الجسم أن يتخلص من الحرارة الزائدة ويبقيها عند المستوى الطبيعي للجسم. ويسلك الجسم للتخلص من الحرارة الزائدة عدة طرق يمكن إيضاحها فيما يلي:

● الاشعـــاع

تشع جميع الاجسام الحية ـ بصرف النظر عن درجة حرارتها ـ موجات كهرومغناطيسية في مدى الأشعة الحمراء، وتمثل هذه في حد ذاتها طاقة حسب قانون بلانك. وإستناداً على هذا القانون وجد العالم **استيفان (Stefan)** أن الطاقة المنبعثة من الجسم تتناسب مع الأس الرابع لدرجة حرارته المطلقة، كما ينطبق هذا القانون أيضاً على الطاقة الممتصة بواسطة الجسم،



● شكل (٢) طرق محافظة الجسم على درجة حرارته عند ٣٧مْ .

حيث وجد أن معدل فقد الطاقة أو اكتسابها بالإشعاع (H_r) للجسم البشري يمكن حسابه وتقديره بالعلاقة التالية:

$$H_r = K_r A_r e (T_s - T_{us})$$

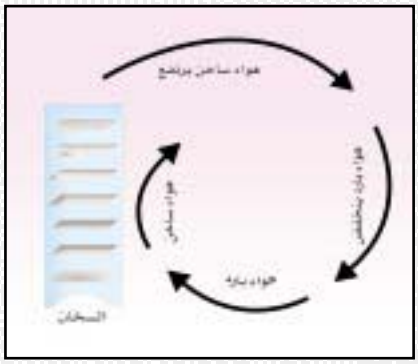
حيث A_r مساحة السطح المشع، e إشعاعية. (emissivity) سطحه، T_s درجة حرارة الجلد بالدرجة المئوية، T_{us} درجة حرارة الحوائط المجاورة، K_r ثابت يعتمد على عدة عوامل فيزيائية ويساوي تقريباً (٢,١×١٠$^{-٤}$ جول/ م٢. ساعة. درجة). (الإشعاعية e في مدى الطول الموجي للأشعة الحمراء ـ لاتعتمد على لون الجلد ـ وتساوي تقريباً واحد).

وبناءاً على تلك القاعدة وجد أنه في حالة الجسم العاري الذي مساحة سطحه ١,٢م٢، ودرجة حرارة جلده ٣٤مْ، عند درجة حرارة الغرفة (٢٥مْ) أنه يفقد طاقة بالإشعاع مقدارها ٢,٢٥×١٠^{٥} جول/ساعة، تمثل ٥٤٪ من الفقد الكلي للحرارة.

● الحمل

يبين شكل (٣) كيفية فقد الحرارة بالحمل. فعندما يمر الهواء البارد بجوار جسم ساخن فإنه يسخن، وبالتالي تقل كثافته فيرتفع إلى أعلى، ويحل محله هواء بارد أي حرارته أقل، وهكذا يدور الهواء إلى أن ترتفع درجة حرارة الجو المحيط، وتنخفض درجة حرارة الجسم الساخن، وتستمر هذه الحالةإلى أن يصلا إلى حالة التوازن.

يمكن مشاهدة ديناميكية نقل الحرارة بالحمل، وذلك بإجراء تجربة بسيطة، وفيها نحضر كأساً به ماء ونضع فيه بعضاً من



● شكل (٣) إنتقال الحرارة بالحمل.

نشارة الخشب، ثم نضعه على موقد، وعند ارتفاع درجة حرارة الماء سنشاهد حركة نشارة الخشب الساخنة وهي تصعد إلى أعلى وأخرى باردة تتحرك من على السطح إلى أسفل. يمكن حساب كمية الحرارة (Hc) المفقودة أو المكتسبة من الجسم بواسطة الحمل بالعلاقة التالية:

$$H_c = K_c A_c (T_s - T_a)$$

حيث K_c ثابت يعتمد على حركة الهواء، ويزيد بزيادة سرعته، (A_c)، و (T_a) مساحة السطح المعرض من الجسم ودرجة حرارة الهواء.

ويمكن حساب كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة بواسطة الحمل من المثال التالي: إذا كانت درجة حرارة الهواء T_a تساوي ٢٥مْ، ودرجة حرارة الجلد ٣٤مْ فإن الجسم العاري يفقد حرارة مقدارها ١,٠٥×١٠^{٥} جول/ساعة، وهذه تمثل ٢٥٪ من جملة الفقد في حرارة الجسم.

● التوصيل

يمكن للجسم أن يكتسب أو يفقد حرارة عن طريق ملامسته للأجسام الأخرى، وتعتمد كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة على الفرق في درجة الحرارة بين الجسمين، و المسافة بينهما، والمساحة المعرضة، وعلى معامل التوصيل الحراري للجسم.

● العرق

يمكن للإنسان تحت ظروف معينة من ارتفاع في درجة حرارة الجو والعمل الشاق أن يعرق (Perspiration) لتر واحد من السوائل في الساعة. وهذا يعني أنه في حالة تبخر هذا المقدار فإن الجسم سوف يفقد طاقة حرارية مقدارها ٢,٤×١٠^{٦} جول/ساعة.

يعتمد تبخر العرق على درجة حرارة الجو المحيط بالجسم، ودرجة رطوبته، وفي حالة زيادة الرطوبة فإن تبخر العرق يكون ضعيفاً، وبالتالي يزداد الشعور بحرارة الجو فوق المعتاد.، وقد وجد أن معدل الفقد في الحرارة عن طريق العرق في الظروف العادية يصل إلى حوالي٢,٩٣×١٠^{٤} جول/ساعة، وتمثل ٧٪ من جملة الفقد في حرارة الجسم.

● التنفس

يدخل الهواء إلى الرئة عند الشهيق فيتشبع بالماء داخلها، وأثناء الزفير يخرج محملا ببخار الماء، وبذلك يتم فقد الحرارة نتيجة لتحول الماء إلى بخار، كما هو الحال أثناء تبخر العرق من الجلد، كما أن إستنشاق هواء بارد يفقد الجسم كمية من الحرارة لأن هذا الهواء يسخن بتأثير حرارة الجسم، وقد وجد أن الجسم يفقد عن طريق التنفس ما يقارب ١٤٪ من مجموع الحرارة التي يفقدها الجسم.

دور الدم في التوازن الحراري

بعد إستعراض الطرق التي يتبعها الجسم للتوازن الحراري مع البيئة المحيطة به نجد أنه من الضروري الإجابة على السؤال التالي: لماذا تكون حرارة الأطراف في جسم الإنسان (الأيدي والأرجل) مختلفة عن بقية أجزاء الجسم، فهي في الجو البارد أقل ولكن في الجو الحار أكبر من حرارة الجسم؟

للإجابة على هذا السؤال، علمنا من الفقرات السابقة أن فقد الحرارة من الجسم وإنتقالها إلى الوسط المحيط به يعتمد على درجة حرارة الجلد الذي يؤثر بدوره على حركة سريان الدم في الشرايين والأوردة، فعند سريان الدم في الأطراف فإن الجسم يتبع طريقة حاذقة للسريان من شأنها زيادة كفاءة التبادل الحراري وفي نفس الوقت الإقتصاد في الطاقة. ففي الجو البارد ـ لكي يمنع الجسم المزيد من الفقد في الحرارة ـ يسير الدم القادم من الأطراف إلى القلب في الأوردة العميقة (البعيدة عن سطح الجلد) والقريبة من الشرايين، وهذا يقلل من الفقد في الحرارة، وفي نفس الوقت يكسب الدم بعض الحرارة نتيجة قربه من الشرايين فيذهب إلى القلب بدرجة حرارة مناسبة، وتكون النتيجة انخفاض في درجة حرارة الأطراف.

أما في الجو الحار فإن الدم يغير مساره ويسلك الأوردة السطحية، وبذلك يزيد من مساحة السطح المشع ، مما يؤدي إلى فقد جزء كبير من حرارته، وبالتالي يذهب بارداً

ـ بعض الشيء ـ إلى القلب، ويسبب في نفس الوقت ارتفاع حرارة الأطراف.

أثر حرارة الوسط على الجسم

يؤدي تعرض الجسم البشري إلى أجواء ذات درجات حرارة ورطوبة عالية، إلى إرتفاع درجة حرارته إلى درجات عالية لاتفلح عندها وسائله المختلفة ـ تمدد الأوردة والشرايين والعرق وخفض إنتاج الطاقة الحرارية والتغير في السلوك مثل شرب الماء والتخفيف من الملابس أو التحرك إلى مكان بارد ـ في خفضها، مما يؤدي إلى إجهاد هائل على القلب يجعله يعمل بمقدار أربع مرات عن الحالة العادية، وبالتالي يزداد معدل التنفس فيصل إلى ٥٠ مرة في الدقيقة. ويصاب الجسم في هذه الحالة بما يسمى ضربة الشمس. ومما يجدر ذكره أن زيادة درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة يؤدي إلى زيادة استهلاك الأكسجين بمقدار ١٣٪.

تشكل ضربة الشمس خطراً كبيراً على حياة الإنسان بشكل عام ، ولكنها تشكل خطراً أكبر على حياة كبار السن لعدم قدرة إجهزة الجسم على العمل بكفاءة، كما أنها تشكل خطراً على حياة الأفراد الذين يعانون من الأمراض والجفاف، وكذلك الذين يتعاطون أدوية من شأنها تعطيل أجهزة الجسم التي تتحكم في الاتزان الحراري.

عموماً يمكن إعتبار ارتفاع درجة حرارة الجسم عن المعتاد مرضاً خطيراً يسبب ضرراً يؤدي في النهاية إلى الوفاة إذا لم يتم إسعاف المريض في الوقت المناسب، ويمكن تقسيم ضربة الشمس إلى قسمين رئيسيين، قد يختلطان مع بعضهما البعض، هما:

● الإجهاد الحراري

يحدث الإجهاد الحراري عندما ترتفع درجة حرارة الجسم إلى درجات قريبة من ٤٠ مْ، إذ عندها تعجز أجهزة الجسم عن القيام بعملية التوازن الحراري، ومع أن أعراض الأجهاد الحراري غير محددة إلا أنها تتعلق بشكل رئيس بالجفاف (Dehydration) الذي له دور مؤثر فيه، وتتلخص أعراضه بالضيق، والصداع، والغثيان، والدوار، وتشنجات العضلات.

ونظراً لأن الجفاف يلعب دوراً مؤثراً في الإجهاد الحراري فإنه من الضروري التحدث عنه وعن آليته، والعوامل المساعدة على حدوثه.

يحدث الجفاف نتيجة لفقد الجسم كمية كبيرة من سوائله تحت ظروف غير إعتيادية كالحرارة الشديدة والإسهال وغيرها، إضافة إلى تعطل آلية العطش (Thirst Mechanism)، التي تعمل في الظروف الإعتيادية على حماية الجسم من الجفاف، وذلك بأنها تحث الإنسان على شرب السوائل حتى يستعيد توازنه السائلي.

يمثل الإخراج بأجهزته المختلفة الطريقة الرئيسة في فقد السوائل من الجسم، وحدوث الجفاف، ولكن يعتمد معدل الفقد على درجة نشاط الجسم، ودرجة حرارة الجو، والرطوبة، والارتفاع عن سطح البحر.

● إرتفاع درجة حرارة الجسم تحتاج للراحة التامة.

● تعويض فقد السوائل بالماء والمحاليل المناسبة .

* **طرق الإخراج ودورها في الجفاف**، ويمكن توضيح ذلك فيما يلي:

ـ **التنفس**، ويفقد الجسم من خلاله من واحد إلى ٢ لتر من الماء في الظروف العادية من النشاط عن طريق تبخره من الرئتين أثناء التنفس. ولكن عند ما يكون الجو بارداً والمكان مرتفعاً عن سطح البحر فإن الإنسان يمكن أن يفقد ٦ لترات في اليوم.

ـ **العرق**، ويقل في الظروف العادية من النشاط، ومع ذلك فإن الجسم يفقد من واحد إلى إثنين لتر ماء في اليوم عن طريق العرق. أما في الظروف الشاقة من ارتفاع في درجة الحرارة والرطوبة والعمل، يمكن أن يصل الفقد من واحد إلى ثلاثة لترات من الماء في الساعة.

ـ **البول**، ويفقد الجسم من خلاله من لتر واحد إلى إثنين من السوائل في اليوم، تزيد بزيادة السوائل في الجسم (Overhydration)، كما تقل في حالة الجفاف.

ـ **البراز**، ويعد متوسط فقد السوائل من خلاله قليل في الأحوال العادية إذ لا يتجاوز واحد من عشرة من اللتر، ولكنه قد يصل في حالة الإسهال الحاد إلى ٢٥ لتر في اليوم.

* **أعراض الإجهاد الحراري**، وتنتج عن فقد أملاح الصوديوم والبوتاسيوم نتيجة لإفراز كمية كبيرة من العرق تتسبب بما

يسمى بتشنجات الحرارة (Heat Cramps) التي من أعراضها تقلص متوسط أو كبير في عضلات الأرجل أو الأيدي أو البطن. لذا يجب على الإنسان الذي تظهر عليه تلك الأعراض الجلوس في جو بارد، وشرب الماء، وعدم مواصلة العمل.

*** الاسعافات الأولية للإجهاد الحراري،** وتنحصر في وضع المصاب في جو منخفض الحرارة، أو على الأقل في الظل مسترخيا على نقالة ترتفع عن الأرض مساحة ٢٥سم. تخفف عنه الملابس، ويرش بالماء يستحسن أن يكون بارداً، ويوضح إمام مروحة (مصدر لتيار هواء)، ويعطي كميات قليلة من الماء كل ثلاثة دقائق.

● ضربة الحـــرارة

تسبب ضربة الحرارة إضراراً كبيرة للجسم، وتحدث نتيجة التعرض المستمر للحرارة العالية، والتي تكون نتيجتها رفع درجة حرارة الجسم إلى درجة أعلى من ٤٠مْ، فتؤدي إلى أضرار خطيرة في كثير من الأعضاء وبالأخص الجهاز العصبي المركزي الذي يشمل المخ والنخاع الشوكي، وذلك نتيجة الفقد الكبير في الماء والإملاح.

وتتمثل أعراض ضربة الحرارة في قلة العرق، وجفاف وسخونة الجلد، وصداع، ودوار، ونبض سريع، وغثيان، وقيء، وإضطراب عقلي يؤدي إلى عدم الوعي.

وتنقسم ضربة الحرارة إلى قسمين:

ـ ضربة ناجمة عن الإجهاد(Exertional)، ويتعرض لها الأفراد الذين يعملون في جو حار ولا تستطيع أجسامهم التكيف مع الجهد والجو الحار.

ـ ضربة عادية (Classical)، وتحدث ـ غالباً ـ لكبار السن أو الضعاف الذين يمكثون في الجو الحار مدة طويلة. وإذا لم يبرد المريض في الحال فإنه يفقد حياته.

*** الإسعافات الأولية،** ويسعف المصاب بإتباع نفس الخطوات التي أتبعت في حالة الإجهاد الحراري مع تدليك القدمين والرجلين والجسم. إضافة إلى وجوب نقله إلى المستشفى، حيث يمكث في العناية المركزة إلى أن يتم إعادة كل من الإتزان الحراري والسائلي له.

● تتسبب عضة البرد في إرتعاش الجسم.

*** الوقاية من ضربة الحر،** وذلك بإتباع ما يلي:

ـ تجنب ارتفاع درجة حرارة الجسم، وذلك بتجنب العمل في الجو الحار بدون الاحتياطات الواجبة.

ـ التوعية الكاملة لكبار السن بعدم التعرض للحرارة.

ـ مراجعة الأدوية الخاصة بهم والتي تسبب إعاقة التوازن الحراري، وأيضا تلك التي تسرع من عملية الجفاف.

ـ لبس ملابس خفيفة وواسعة من القطن مع المواظبة على شرب السوائل.

ـ التوعية الصحية بأسباب وأخطار ضربه الحرارة.

● عضة البـــرد

تعد كل من عضة البرد (Frost Bite) والبرودة الشديدة (Hypothermia) خطران يحدثان بسبب التعرض إلى جو شديد البرودة، وتؤدي عضة البرد إلى تلف أنسجة الجسم نتيجة تعرضها للتجمد، وتسبب فقدان في الإحساس وبياض أو أصفرار عند نهايات الأطراف مثل أصابع الإيدي والأرجل وشحمة الأذن، ومقدمة الأنف. يجب الحصول على معاونة طبية عند حدوث هذه الإعراض، كما يجب عدم تدفئة هذه النهايات أثناء إنتظار المعاونة الطبية، وإذا ظهرت على المريض أعراض برودة الجسم الشديدة يجب أولا تدفئة قلب الجسم (Body Core) قبل الاطراف.

وتتمثل أعراض عضة البرد في الارتعاش غير المنتظم، وفقد الذاكرة، وعدم القدرة على الإتزان، والكلام غير المفهوم، والخمول، والتعب الشديد.

*** الإسعافات الأولية لعضة البرد،** وتبدأ بقياس درجة حرارة المريض، فإذا كانت أقل من (٣٥مْ) يجب عمل ما يلي:

ـ البحث عن معاونة طبية.

ـ في حالة تأخر هذه المعاونة أو عدم وجودها فيجب البدء في تدفئة المريض ببطء بدءاً من قلب الجسم، يمكن استخدام التدفئة الذاتية من جسم المسعف في حالة عدم وجود مصدر للتدفئة، وذلك بالالتصاق بالمريض.

ـ لف المريض بغطاء جاف بحيث يغطى الرأس والرقبة أثناء الإسعافات.

ـ لايعطى للمريض أي نوع من الأدوية أو المشروبات الساخنة. يمكن إعطاء حساء ساخن وبكمية قليلة.

ـ عدم تدفئة الأطراف نهائياً لأن ذلك سوف يدفع الدم البارد إلى القلب والذي بدوره يؤدي إلى تعطله عن العمل وموت المريض.

المراجع

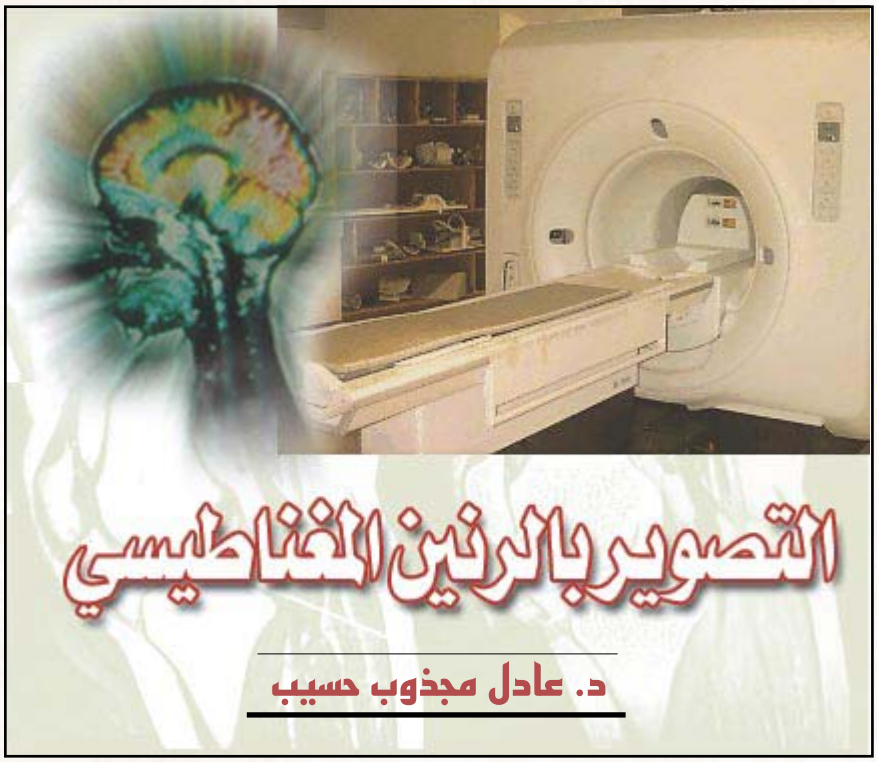
١ـ **السيد محمود السيد سليمان ـ محمد عائد العائد** «مقدمة في الفيزياء الحيوية» جامعة الملك سعود تحت النشر ٢٠٠٢

2- **Harchelroad** F. Acute Thermoregulatory disorders. Clin Geriatr Med 1993; 9 (3), 621-637.

3- **Simon HB**. Hyperthermia and heat Stroke. Hosp Pract 1994; 29 (8), 65-80.

4- Gale Encyclopedia of Medicine Heat Disorders. htm.

5- Hypothermia, Frost Bite, Sussex County online 1999-2001.



التصوير بالرنين المغناطيسي

د. عادل مجذوب حسيب

شهد الثالث من يوليو عام ١٩٧٧م تَمَكُنْ العالم و الطبيب " ريموند داماديان" (Raymond Damadian) ورفاقه من التقاط أول صورة تشخيصية بالرنين المغناطيسي لأحد المرضى، و بالرغم من أن تلك الصورة لم تكن عالية الوضوح وأستغرق الحصول عليها ما يزيد عن خمس ساعات إلا أنها كانت تمثل فتحاً جديداً في عالم الطب، وتتويجاً لجهود متوالية استغرقت أكثر من سبع سنوات لبناء الجهاز. وقد أطلق "داماديان" وزملاؤه على هذا الجهاز أسم " العنيد " تعبيراً عن كفاحهم المتواصل لتحقيق غاياتهم ضد كل تشاؤم كان يشكك في إمكانية الحصول على مثل هذه الصورة. وربما كانت هذه التسمية استشرافاً لمستقبل هذا الجهاز وأمثاله من الأجهزة التي تطورت بخطى وئيدة واثقة لتساعد على كشف الأمراض ولتنتشر بألالاف في المستشفيات في مستهل القرن الحادي والعشرين.

كان الحدث المذكور واحداً من سلسلة طويلة من الأحداث العلمية التي تعكس التداخل بين المجالات العلمية المختلفة، وبصورة خاصة المعرفة الفيزيائية في تطوير أساليب تشخيص الأمراض ومداواتها. ولعل من أبرزها الاستفادة من الأشعة الكهرومغناطيسية، مثل: الأشعة السينية، أشعةالليزر، أشعة جاما، وغيرها من الإشعاع في الطب. وقد ظهر الرنين المغناطيسي، مستخدماً أشعة الراديو الكهرومغناطسية والمجالات المغناطيسية القوية، كواحد من أفضل الأساليب التشخيصية في نهاية القرن العشرين. وقد كان المدخل إلى الاستعمالات الإشعاعية هو اكتشاف **رونتجين** في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر الأشعة التي أسماها الأشعة السينية(لأنه لم يكن يعرف هويتها في البداية) والتي استطاع أن يدرسها ويصنفها بعد ذلك ضمن الأشعة الكهرومغناطيسية ويطورها للاستخدام في التصوير الإشعاعي لأول مرة في بداية القرن العشرين.

لفت اكتشاف **رونتجين** الأنظار إلى الإمكانات الهائلة التي يتيحها استخدام الإشعاع غير المرئي في النظر إلى داخل الجسم البشري والتعرف على تركيبه السوي منه أو المصاب بالعطب. فقد تمكن بذلك من تصوير العظام بكفاءة عالية والحصول على صورللمناطق الأخرى من الجسم، عن طريق إمرار حزمة من الاشعة السينية عبر الجسم وإلتقاط المتبقي منها مما لم يمتصه الجسم على أفلام حساسة توضح كثافة الامتصاص الذي تم في كل مكان مر عليه الإشعاع. وقد لاقت أجهزة **رونتجين** رواجاً واسعاً في مجال الطب وأمتد استخدامها إلى الأجهزة الأمنية في المطارات وغيرها، إلا أن هذه الأشعة كانت ولازالت كالمداواة بما يسبب الداء، فمن المعلوم أن الإكثار منها خطر يؤدي إلى أثار مستعصية وخبيثة مثل السرطان وتلف الحيامن والأجنة، وذلك لكونها "أشعة مؤينة"، بمعنى أن التردد الذي تصدر به موجاتها يمثل كمية من الطاقة الضوئية (الفوتونية)، والتي يمكن حسابها بعلاقة "**بلانك**"، وهي أكبر من الطاقة اللازمة لتفكيك الروابط الكيميائية لمعظم الجزيئات، ومن الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترونات من الذرات، مما يؤدي إلى ظهور الجذور الحرة الضارة بالخلية الحية أو إلى تعديل الشفرة الوراثية الموجودة فيها والتي تتحكم بأسلوب تجددها وتكاثرها. وهذا يشير إلى أن التعرض للأشعة السينية يحمل مخاطر محسوبة في كل الحالات، ولذلك تولد حماس كبير عندما تم تطويع الموجات فوق السمعية للحصول على صور للجسم البشري، وهذه في طبيعتها تختلف اختلافاً بيناً عن الأشعة الكهرومغناطيسية، حيث أنها موجات ميكانيكية و لا تحمل طاقة فوتونية، وكان الأمل أن تعطي صوراً واضحة وضوح صور الأشعة السينية،

ولكن لأسباب تتصل بطبيعتها الأساسية فإنها لا تعطي إلا صوراً ضئيلة الوضوح. ونظراً لأنها أكثر أماناً من الأشعة السينية بالنسبة للخلايا نشطة النمو (مثل تلك التي تكون الأجنة) فإن استعمال الموجات فوق السمعية في التصوير قد شاع في الاستخدام للكشف عن المراحل المختلفة للحمل.

وقد حاول المستخدمون للأشعة السينية تحسين الصور التي يتم التقاطها لأجزاء الجسم التي لا تحتوي على كثافة مادية عالية بحقن المرضى بمواد كيميائية تساعد على إظهار الصورة، سميت هذه المواد "بعوامل التباين(contrast agents)، ووجدت استعمالات واسعة عند تصوير الأحشاء وبعض الأجزاء الأخرى التي يكثر فيها الماء. إن مثل هذه الأساليب تستخدم في التصوير بالرنين المغناطيسي لزيادة وضوح الصورة، ويرتبط وضوح الصورة في آلة الأشعة السينية ارتباطاً مباشراً بالكثافة المطلقة للمادة في كل مكان من الجسم، ولذلك تبدو فيها صور العظام واضحة بصورة مميزة عن الخلفية المكونة من الأنسجة الأخرى. وقد ساعد على استخدام الأشعة السينية في الطب ظهور الحاسبات الآلية بعد منتصف القرن العشرين، حيث تمت الاستفادة منها في الحصول على الصور المقطعية بطريقة المسح المتواصل (Computerized Tomography scanner-CT)، وقد ظهر ذلك كأسلوب بديل لتصوير الامتصاص المتباين المباشر، ومهد هذا بدوره لاستعمالات الرنين المغناطيسي المبنية بصورة كاملة على استخدام الحاسبات الآلية، فكلا الأسلوبين يعتمد على الحصول على صور كثيرة من زوايا عديدة لمواقع مختلفة داخل الجسم، ثم تجميع هذه الصور لتكوين صورة مركبة عالية الوضوح تعكس شدة الامتصاص الكهرومغناطيسي عند كل نقطة من الجسم، ويمكن تركيز عمليات التصوير على مناطق محددة داخل الجسم فتظهر صورها بتباين عال أو حتى بالإمكان معالجة الصورة وإظهار أجزاء منها بالألوان فيكون تفسيرها والاستفادة منها أسهل من الصور العادية التي يتم الحصول عليها باللونين الأبيض والأسود.

نظريات وتطبيق الرنين النووي المغناطيسي

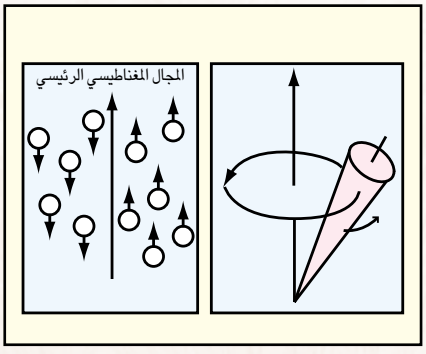
يوضح التاريخ الموجز للنظريات والتطبيقات للتصوير بالرنين المغناطيسي أن الأبحاث العملية في هذا المجال قد بدأت في فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية حينما استطاع العلماء الاستفادة من منجزات الهندسة الحربية في الرادار وفي تعقب الطائرات، وفي أيجاد أساليب أفضل لتوليد الأشعة الكهرومغناطيسية وصنع كاشفات عالية الحساسية لها. إلا أن الأفكار النظرية الخاصة بالرنين المغناطيسي قد سبقت ذلك بما يزيد عن عشر سنوات، وقد كانت نتاجاً مباشراً لنظريات ميكانيكا الكم التي ازدهرت في العشرينيات والثلاثينيات من القرن. وقد سبق العالم **داماديان** الذي بنى أول جهاز للتصوير بالرنين المغناطيسي عشرات العلماء الذين شاركوا نظرياً وتجريبياً في اكتشاف الأسس النظرية والظواهر العلمية التي ينبني عليها جهاز الرنين المغناطيسي، وتم ذلك كله في نفس الوقت الذي حدثت فيه الثورة الإلكترونية بتصنيع الترانزيستور والدوائر الإلكترونية المتكاملة، وكلها مجالات في دراسة فيزياء الجوامد وخواصها أو في تفاعل الإشعاعات مع المادة، وهذه بدورها تعتمد على التردد والطول الموجي للإشعاع وكمية الطاقة التي يحملها كل فوتون محمول عبر هذه الموجات.

وقد كانت أول دراسة فيزيائية تجريبية على الرنين المغناطيسي هي التي أجراها العالم الروسي **زافيوسكي** (Zaviosky) في عام ١٩٤٤م، وبرهن بها أن بالإمكان الحصول على رنين مغناطيسي للإلكترونات، أي ما يسمى بالرنين الإلكتروني البارامغناطيسي(EPR). تلا ذلك - بسرعة - حصول الأمريكيان **بلوخ** (Bloch) و **برسل** (Purcell)، كل على حدة، في عام ١٩٤٦م على الرنين المغناطيسي لنوى الذرات (NMR). وهي أساليب طيفية لدراسة المادة حيث توضع العينات في مجال مغناطيسي قوي قبل أن يمرر عليها إشعاع كهر ومغناطيسي ذو تردد متغير، ثم البحث عن الترددات التي يحدث لها أعلى امتصاص للإشعاع، ولذلك هي في الواقع عملية توافق بين شدة المجال وقيمة التردد تعرف في الفيزياء بإسم الرنين (resonance)، ويلاحظ أن الامتصاص لا يتم إلا إذا استوفيت شروط معينة للرنين. وفق معادلة بسيطة تعطي العلاقة بين التردد (f) والحث المغناطيسي(magnetic induction) والذي يتناسب مع شدة المجال المغناطيسي وهي كالتالي :

$$hf = \gamma B$$

حيث (B) الحث المغناطيسي و (h) ثابت بلانك و(γ)ثابت تناسب.

وتوضح هذه العلاقة أن بعض النوى تمتص الفوتونات عندما تجد نفسها في المجال المغناطيسي ذي الشدة المناسبة. وتقاس شدة المجال بوحدة "الجاوس" وإذا علمنا أن شدة المجال المغناطيسي للكرة الأرضية هي نصف جاوس فإن الشدة المناسبة للمغناطيس المستعمل في الرنين المغناطيسي هي عشرون ألف جاوس، أي بما يزيد عن شدة مجال الكرة الأرضية بأربعين ألف مرة.



● شكل (١) إستجابة البروتونات للمجال المغناطيسي الخارجي.

● آلية الإمتصاص بالرنين المغناطيسي

يمكن شرح آلية امتصاص النوى للفوتونات بالرنين المغناطيسي عند وضعها في المجال المغناطيسي، بأن بعض النوى تتصرف وكأنها مغناطيس صغير، بحكم أنها ثنائية القطب المغناطيسي، وتعد نواة الهيدروجين من أبرز هذه المغانط الصغيرة وأشدها استجابة للمجالات المغناطيسية الخارجية، حيث تتكون من بروتون واحد وتتواجد في كل جزئ مائي، وعند وضع هذه النوى في مجال مغناطيسي فإنها تميل للإتجاه في اتجاه المجال وتبدأ في حركة طوافية (Precessional motion) حول اتجاه المجال كما هو موضح في شكل (١)، فإذا سلط عليها إشعاع كهرومغناطيسي امتصت منه الفوتونات وحولت اتجاهها للدوران حول المجال المغناطيسي في اتجاه معاكس لاتجاهها الأول، وتكون بذلك في حالة طاقة عالية لا تلبث أن تفقد معظمها في زمن معين يعرف بزمن "الاسترخاء"، وهو الزمن الذي تعود بعده النواة إلى حالتها الأولى. ولا تزيد أزمنة الاسترخاء في غالبية الأحوال على بضعة أجزاء من الثانية. ويمكن الآن رصد عمليات الإمتصاص والإسترخاء بدقة عالية، لذلك تعد عملية رصد ومتابعة الاسترخاء أساس التصوير بالرنين المغناطيسي، مما يجدر ذكره أن زمن الاسترخاء يتغير بتغير نوع وكثافة الأنسجة. حيث تدل السرعات المختلفة للإمتصاص عند الاسترخاء على نوع وكثافة الأنسجة التي تحمل الماء ـ يتضمن الهيدروجين ـ فكلما كان زمن الاسترخاء أطول فإن ذلك يعني أن الأنسجة تحتفظ بالطاقة التي أكتسبتها لمدة أطول، لذلك فإن معدلات فقد الطاقة أو نقلها إلى جارات النوى من جزيئات وغيرها هي التي تحدد نوع الخلايا التي تحيط بالجزيء. ونظراً لان الجسم البشري يحتوي على نسبة عالية من ذرات الهيدروجين، فإن هذه النسبة ـ بالتأكيد ـ تتيح لنا تصويراً جيداً لجميع أنسجة وخلايا الجسم. ويمكن القول أن التصوير بالرنين المغناطيسي أصبح أسلوب ممتاز للحصول على صور ذات نوعية عالية من داخل الجسم البشري خاصة وأنه مر بمراحل تطوير متعددة يمكن توضيحها في الجدول (١).

الفتـــرة	ماتـــم فيهـــا
١٩٤٦م	تجارب **فيلكس بلوخ (Felix Bloch)** و **أدوارد برسل (Edward Purcell)**، بصورة مستقلة ، منحا بموجبها جائزة نوبل عام ١٩٥٢م.
١٩٥٠–١٩٧٠م	تطوير دراسة الخواص والتحليل الكيميائي والفيزيائي للذرات والجزيئات بالرنين المغناطيسي.
١٩٧٠م	بداية المسح التصويري (CT-scanners) بمساعدة الحاسب الآلي لتصوير كيفية توزع الجزيئات المغناطيسية في الأنسجة.
١٩٧١م	**ريموند داماديان (Rayond Damadian)** يوضح أن زمن الاسترخاء يختلف باختلاف أنواع الأنسجة السرطانية مما حفزه ليبدأ في تصميم جهاز للتصوير بالرنين المغناطيسي.
١٩٧٣م–١٩٧٥م	منح **ريتشارد أرنيست (Richard Ernst)** جائزة نوبل، لتطويره الأساليب الرياضية (تحويلات **فورييه**) والرقمية للحصول على الصورة بواسطة المسح المتصل.
١٩٧٧م	حصول **ريموند داماديان** على صورة كاملة للجسم البشري، حيث استغرقت الصورة حوالي خمس ساعات.
١٩٨٠م	تطوير نظم التصوير بواسطة **بيتر ما نسيفيلد (Peter Mansfield)** بالحصول على الصورة في خمس دقائق، ومن ثم في خمس ثوان.
١٩٨٧م	الحصول على صورة دورة ضخ الدم للقلب البشري، وكانت بداية التصوير المغناطيسي الوظيفي (functional MRI).
١٩٩٤م–٢٠٠٠م	استخدام الأساليب الإلكترونية المتقدمة والحاسبات الآلية المطورة مع علم الرياضيات الرقمية للحصول على صورة مستمرة (video image) لمتابعة أنشطة الجسم الحيوية والوظيفية.

● جدول(١) تاريخ تطور التصوير بالرنين المغناطيسي.

● آلية التصوير بالرنين المغناطيسي

بالرغم من أن التصوير بالرنين المغناطيسي قد يبدو عملية معقدة إلا أن بالإمكان تبسيطها عبر النقاط التالية:-

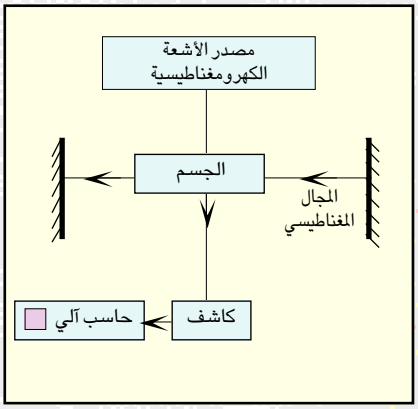
١- يشمل جسم الإنسان البلايين من ذرات الهيدروجين، بدرجات متفاوتة من الكثافة، في كل مكان من الجسم.

٢- عند وضع هذه الذرات في مجال مغناطيسي، تحت ظروف معينة، فإنها تستطيع أن تمتص الموجات اللاسلكية في المجال الكهرومغناطيسي.

٣- يُوضع جسم الإنسان في المجال المغناطيسي ويتم في نفس الوقت توجيه الموجات اللاسلكية نحو جسمه من ناحية وقياس الإمتصاص الذي يحدث لها من الناحية الثانية، وقد يقاس أيضاً الزمن الذي يصاحب تغير شدة الإمتصاص.

٤- بتوجيه الموجات نحو مناطق محددة من الجسم يمكن تسجيل الإمتصاص عند كل منطقة على حدة، حيث تعتمد شدة

● جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي.



● كيفية عمل جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي.

الإمتصاص على كثافة ذرات الهيدروجين في كل مكان من الجسم، وتعتمد الكثافة على طبيعة الخلايا والأنسجة المكونة لكل جزء من الجسم.

٥- يتم تخزين آلاف القياسات في زمن وجيز للمناطق المراد تصويرها في الحاسب الآلي، ثم يعاد ترتيبها وإعادة إبرازها كصورة توضح تباين الكثافة في الأنسجة المختلفة.

٦- بما أن رصد كثافة الإمتصاص يمكن أن يتم عند سطح الجسم أو داخله ـ حسب الحاجة ـ لذلك يمكن السيطرة على مصدر الإشعاع اللاسلكي وتوجيهه إلى الأماكن التي يتم امتصاصه (جزئياً) فيها.

٧- يتم المسح التصويري (Mapping) باستعمال الحاسبات الآلية ـ بطريقة شبيهة بما يتم في عمليات الاستشعار عن بعد ـ بالحصول على صورة لكل نقطة في الجسم المراد تصويره وتجميع النقاط المصورة (بالآلاف أو بالملايين في وقت وجيز) في مخزون إلكتروني بالحاسب ـ تسمى كل وحدة من الصورة (Pixel) ـ ليعاد إبرازها للعرض جنباً إلى جنب لإعطاء الصورة الأصلية.

وتجري عملية المسح عادة على سطح مستو وباختيار نقطة واحدة منه يحدد مكانها بالأحداثيات الثنائية (X,Y)، وبعد مسح جميع النقاط في سطح واحد يمكن الإنتقال إلى السطح الذي يليه في عمق الجسم، وبذلك يتم الحصول على صورة ثلاثية الأبعاد داخل الجسم ـ تسمى عادة بالشريحة (Slice) ـ حيث يمكن تصوير أي عدد من الصور لأي جسم ثلاثي الأبعاد.

وفي حالة الرنين المغناطيسي فان الصورة عبارة عن تغيرات شدة الإمتصاص للأشعة الكهرومغناطيسية عند كل نقطة في كل سطح أو شريحة.

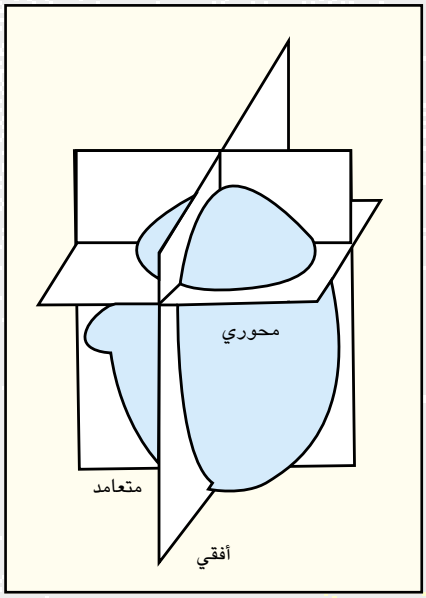
مزايا التصوير بالرنين المغناطيسي

تلاحقت التطورات التي تلت التصميم العملي لأول جهاز تصوير بالرنين المغناطيسي في عام ١٩٧٧م بسرعة كبيرة واستفادت كثيراً من تطور الحاسبات الآلية وتطور الإلكترونيات، مما أدى إلى انتشارها بصورة مذهلة، وذلك لتميزها بما يلي:

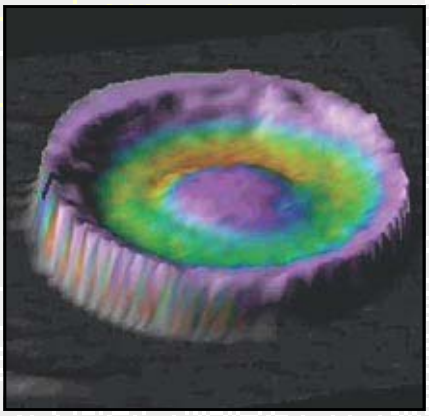
ـ يمكن أن تلتقط الصور لأي مكان من الجسم وبأي اتجاه أثناء وجود المريض داخل جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي دون لمس أو تحريك جسم المريض بأي شكل من الأشكال، ولذلك يمكن تصوير الرأس، الصدر البطن أو القدمين في أي مكان.

ـ التصوير بسرعة عالية تقارب سرعات التصوير بكاميرا الفيديو.

ـ الحصول على ما يسميه الأطباء بالمقاطع المحورية والأفقية (axial and coronal) والمستويات المتعامدة عليها والتي تستعمل لتحديد اتجاه التصوير في الجسم.وهذه



● إتجاهات التصوير بالرنين المغناطيسي.



● صورة مجهرية لخلية.

الإمكانية يتميز بها التصوير بالرنين المغناطيسي عن التصوير بالأشعة السينية الذي يتطلب تغيير وضع المريض كلما كانت هناك حاجة للتصوير في اتجاه آخر.

ـ لا تمثل أجهزة خطرة ولا تسبب أذى في الظروف العادية للمريض أو العاملين في المستشفيات.

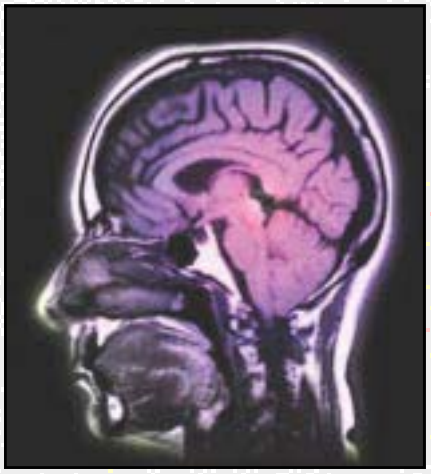
ـ تمتاز الأجهزة الحديثة بأن التقاط الصور بها لاتسبب ضيقاً أو أذى للمريض.

ـ لا يحتاج المريض في معظم الحالات إلى درجة كبيرة من الإعداد قبل عمل الصور ماعدا بعض الحالات الخاصة التي يتم فيها تجهيزه بجرعات من مواد تساعد على زيادة تباين الصورة ووضوحها، وتحقن هذه المواد أو تعطى بالفم، وهي غير ضارة وغير مؤلمة.

ـ يمكن الآن استخدام التصوير بالرنين المغناطيسي ـ إضافة إلى الصور الساكنة داخل جسم الإنسان ـ لمتابعة نشاط أعضاء معينة من الجسم تحت مايسمى بالتصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي (Functional Magnetic Resonance Imaging- FMRI) مثل: ضخ الدم عبر القلب، أو التنفس في الرئة، أو حتى متابعة نشاط المخ في حالات التفكير المختلفة، أو الاستجابة للمؤثرات الخارجية، أو النشاط العضلي.

ـ الحصول على صور مجهرية دقيقة (Microscopic MRI) مثل صور البكتيريا والفيروسات.

ـ يمكن ربطها مع الأجهزة المكبرة للصورة والأجهزة التي تستخدم الإلكترونات في المجاهر الخاصة مما يساعد الباحثين على

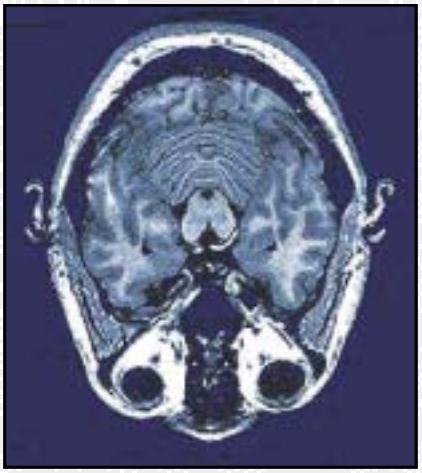


● صورة جانبية للرأس.

الحصول على صور دقيقة بأساليب عديدة توفر لهم ثروة من المعلومات عن طبيعة المواد التي يدرسونها.

التطبيقات الطبية للرنين المغناطيسي

تعتمد التطبيقات الطبية التي تستخدم التصوير بالرنين المغناطيسي بصورة أساسية على وضوح الأسلوب للتصوير ومرونته العالية، بالإضافة إلى السلامة عند التعرض أو استعمال أجهزة المغناطيس. وليس هناك ثمة خطر يرتبط باستخدام هذه الأجهزة إلا أن تكون هناك بعض المواد الفلزية أو المغناطيسية في جسم المريض نتيجة لعمليات طبية سابقة، مثل وضع المسامير لربط العظام أو وجود منظم لضربات القلب. وفي هذه الحالات يجب دراسة حالة المريض بعناية قبل تعريضه للمجال المغناطيسي العالي الذي تستخدمه أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي.



● صورة محورية للرأس بمنطقة الدماغ.

وبالرغم من ارتفاع أسعار الأجهزة إلا أن معظم المستشفيات الآن قد حصلت عليها أو تسعى للحصول عليها، ولا يكاد يخلو مستشفى في دول العالم المتقدم منها. ويرى كثير من الباحثين أن هذه الأجهزة أدوات تشخيصية ضرورية ولا غنى عنها في الطب الحديث، ويتزايد بخطى حثيثة استعمالها كأجهزة لدراسة النواحي الوظيفية (الفيزيولوجية) في الجسم البشري في كثير من المستشفيات ومراكز الأبحاث.

ويمكن تلخيص التطبيقات الطبية الأساسية الهامة التي تستدعي استعمال التصوير بالرنين المغناطيسي فيما يلي :

١ـ دراسة الأورام في المخ والغدد وغيرها من الأنسجة النشطة التي تتضرر كثيراً من الأشعة المؤينة مثل الأشعة السينية.

٢ـ دراسة التهابات المخ والعمود الفقري والفواصل بين العظام.

٣ـ دراسة الروابط الممزقة في الرسغ والركبة والكاحل والقفص الصدري والكتف.

٤ـ تقدير كميات الأنسجة المختلفة ، الصلبة واللينة منها، وتحديد كميات الماء فيها.

٥ـ التعرف على أمراض العظام وطبيعة نموها.

٦ـ متابعة حركة الدم في الأوردة والشرايين وتشخيص الجلطات في مراحلها المكبرة.

٧ـ دراسة التنفس عبر الرئة وكفاءة عملية الإستفادة من الأكسجين.

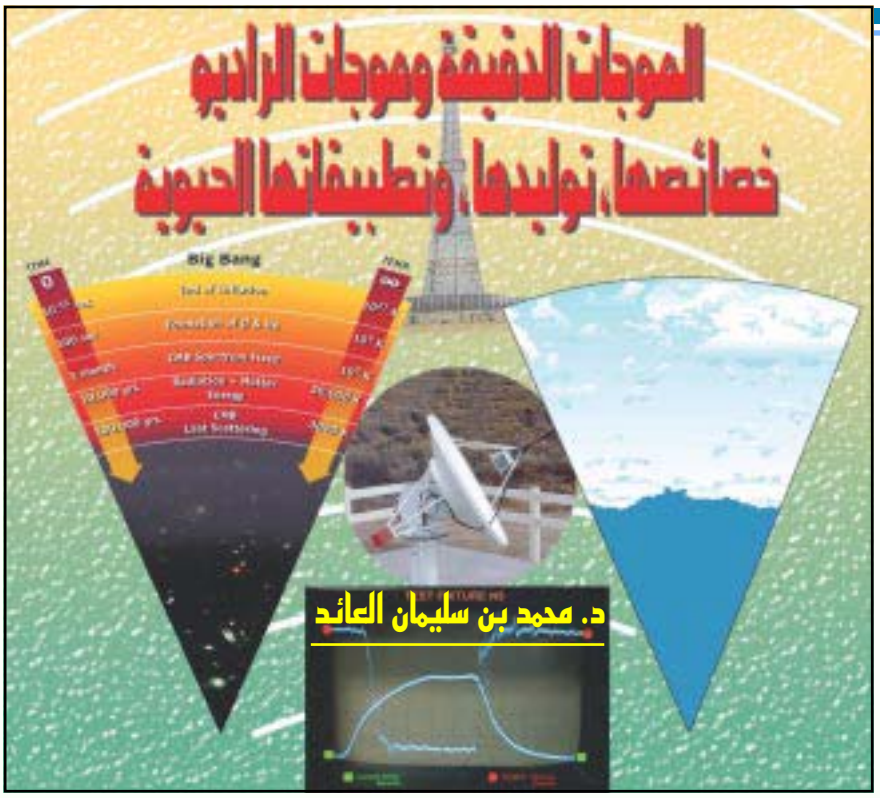
٨ ـ التعرف المبكر على مرض تدهور العضلات أو تأخر نموها.

مستقبل الرنين المغناطيسي

لا يزال التصوير بالرنين المغناطيسي يافعاً حيث لا يزيد عمره الفعلي في المستشفيات عن بضعة عشر عاماً، ولا زالت هناك مساعي علمية ونظرية حثيثة لتطويره ليصبح أكثر فعالية وفائدة، وليصبح أقل تكلفة وأصغر حجماً ليكون في متناول الجميع، ولن يستغرق الأمر طويلاً (إن شاءالله) لكي تصبح صورة الرنين المغناطيسي هي الصورة المفضلة على صورة الأشعة السينية في معظم الحالات الطبية، و ستكون هي الصورة التي سيطلبها الطبيب لتعاونه في تشخيص الحالة والصورة التي يطمئن لها المريض ولا يخشى من مضاعفات جانبية من تأثيراتها.

● صورة جانبية للعمود الفقري.

● صورة مجهرية لركبة مريضة (أ) وأخرى سليمة (ب).



الموجات الدقيقة (Micro Waves) ـ الميكروويف ـ وموجات الراديو (Radio Waves) عبارة عن موجات غير مؤينة تشغل جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمتد من موجات عالية التردد قصيرة الطول (أشعة جاما والأشعة الكونية) وموجات الراديو ذات الأطوال الموجية الطويلة جداً ومنخفضة التردد.

يتراوح تردد الموجات الدقيقة ما بين ٣٠٠ ميجا هيرتز إلى ٣٠٠ جيجا هيرتز، أما تردد موجات الراديو فيتراوح ما بين ٣٠٠ كيلو هيرتز إلى ٣٠٠ ميجا هيرتز، ويوضح الشكل (١)، والجدول (١)، مجال الموجات الدقيقة وموجات الراديو مقارنة بالمجالات الأخرى من الطيف الكهرومغناطيسي.

تتميز الموجات الراديوية والدقيقة بتشابه خواصهما ولذلك تقدمان ـ عادة ـ في البحث والدراسة على أنهما شيء واحد.

وتحتل الموجات الراديوية والدقيقة أهمية عظمى بسبب إمكانية استخدامهما في عدة مجالات من أهمها ما يلي:-

١- الاتصالات، حيث يمكن بواسطتها نقل البرامج التلفزيونية والإذاعية بين المدن وعبر القارات، والرادار، وكذلك نقل كم هائل من الأقنية الهاتفية والتلفزيونية والإتصالات الداخلية والعالمية ومحطات الملاحة البحرية والجوية والفضائية وأنظمة التحكم والسيطرة والمراقبة.

٢- الصناعة، ومن ذلك مثلاً اللحام الحراري والتسخين وأجهزة التلميع والتجفيف وأفران الميكروويف (Micowave ovens) وغيرها.

٣- الطب، وخاصة العلاج الطبيعي، حيث يمكن الاستفادة من التأثير الحراري الناتج عن امتصاص هذه الموجات في تصميم أجهزة ـ بسيطة وأكثر أماناً وسهلة الحمل تستخدم في العلاج الحراري للجزء المصاب من الجسم.

● استخدام الموجات الدقيقة في التلحيم الحراري.

مصادر الموجات الدقيقة وموجات الراديو

تأتي الموجات الدقيقة وموجات الراديو من مصدرين هما:-

● المصادر الطبيعية

تشمل المصادر الطبيعية للموجات الدقيقة وموجات الراديو الإشعاع الشمسي، واشعاع النجوم في المنظومة الشمسية، وكذلك الاشعاعات الناجمة عن العواصف الرعدية والتي تكون بترددات منخفضة.

● المصادر الصنعية

تشمل المصادر الصنعية للموجات الميكروية وموجات الراديو مايلي:-

١- أجهزة الرادار.

٢- أجهزة الإرسال التلفزيوني والبث الإذاعي.

٣- أجهزة الإتصالات الميكروية وأبراج الهواتف المحمولة.

٤- أجهزة التجفيف واللحام.

٥- أجهزة التسخين والأفران الميكروية.

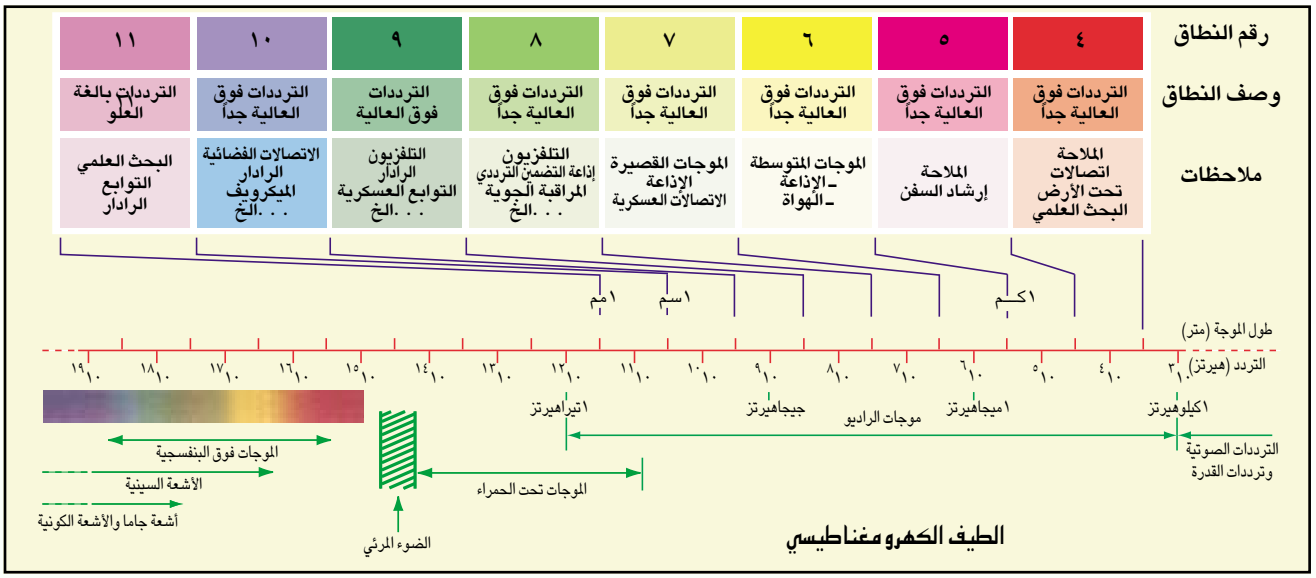
٦- أجهزة السيطرة والتحكم والمقذوفات الصاروخية.

٧- أجهزة الجراحة.

٨- أجهزة العلاج الطبيعي.

الإنتاج والتوليد

تتولد الموجات الدقيقة وموجات الراديو ـ صنعياً ـ بطرق مختلفة، وذلك بواسطة دوائر كهربائية معينة تقوم بتوليد جسيمات مشحونة وتحريكها في مجال مغناطيسي متعامد مع مجال كهربائي بحيث تترد هذه الجسيمات بمعدل ثابت في حدود تردد الموجات الدقيقة الراديوية (٣٠٠ كيلو هيرتز إلى ٣٠٠ جيجا هرتز)، وتتعدد طرق إنتاج هذه الموجات باختلاف



● شكل (١) موقع الموجات الدقيقة وموجات الراديو من الطيف الكهرومغناطيسي.

أغراض الاستخدام ـ صناعي أو طبي أو علمي ـ إلى ما يلي:-

١- أجهزة التعجيل ـ التسريع ـ مثل جهاز الماجنترون (Magnetron) وجهاز الكليسترون (Klystron).

٢- أجهزة المذبذبات، ومن أهمها مذبذب جن (Gunn oscillator) ومذبذب الترانزستور (Transistor oscillator) والمذبذب البلوري (Crystal oscillator) ومذبذب المحبس (Valve oscillator).

خصائص الموجات الدقيقة

عند سقوط الموجات الدقيقة والراديوية على المادة فإنها إما أن ترتد ـ كما هو الحال في المعادن ـ أو تنفذ، وبالتالي فإنها عند نفاذها في الوسط المعين إما أن تفقد جزءاً بسيطاً من طاقتها ـ كما هو الحال بالنسبة للزجاج ـ أو يتم امتصاصها بواسطة الوسط، وبالتالي ترفع من درجة حرارته، كما يحدث عند سقوطها على الأنسجة الحية.

ويعزى ارتفاع درجة حرارة الوسط ـ آلية تسخين الوسط ـ إلى أثرين فيزيائين هما :-

١- تسخين جول (Joule heating) ـ الظاهرة الفيزيائية المعروفة للتسخين ـ وهو تسخين ناتج من التيار الأيوني المستحدث بواسطة المجال الكهربائي الذي تسبب فيه مرور الإشعاع في الوسط.

٢- التداخل بين الجزئيات المستقطبة (Polar molecules) في الوسط ـ كجزيئات الماء مثلاً ـ والمجال الكهربائي المستخدم ذو الترددات العالية، على اعتبار أن هذا المجال الكهربائي المتناوب (AC) يدفع بهذه الجزيئات للتذبذب (الإهتزاز) إلى الأمام والخلف للحصول على وضع الإتزان مع هذا المجال، وبما أن هذه الإهتزازات تجد مقاومة من قبل القوى الجزيئية الداخلية فإن الشغل المبذول بواسطة هذا المجال ـ المتناوب لتثبيط عمل هذه القوى ـ يتحول إلى حرارة في الوسط الذي تسقط عليه. وهذا هو المبدأ الذي يقوم عليه عمل الأفران الحرارية المعروفة بـ أفران الميكروويف.

وعند توغل الموجات الدقيقة والراديوية في الوسط فإنها تفقد طاقاتها تدريجياً من خلال إحدى الآليتين المشار إليهما. ويتناسب هذا التناقص المستمر والمتواصل للطاقة مع مسافة التوغل (العمق) في الوسط حسب المعادلة:

$$E_2 = E_1 e^{-\alpha t}$$

E_1 = الطاقة الأولية

t = سماكة الوسط

E_2 = الطاقة عند العمق

α = معامل الإمتصاص للوسط

نوع الاشعاع	الطول الموجي		التردد (هيرتز ـ Hz)	
	من	إلى	من	إلى
موجات الراديو	١٠٠ كلم	٣ م	3×10^{3}	1×10^{9}
الموجات الدقيقة	٣م	٠,٣مم	1×10^{9}	1×10^{12}
تحت الحمراء	٠,٣مم	٠,٧ ميكر متر	1×10^{12}	$4,3\times10^{14}$
الضوء المرئي	٠,٧ميكرومتر	٠,٤ميكرومتر	$4,3\times10^{14}$	$7,5\times10^{14}$
فوق البنفسجية	٠,٤ميكرومتر	٠,٠٣ميكرومتر	$7,5\times10^{14}$	1×10^{16}
الأشعة السينية	٠,٠٣ميكرومتر	٠,١ نانومتر	1×10^{16}	3×10^{18}
أشعة جاما	٠,١ نانومتر	٠,١ابيكومتر	15×10^{18}	3×10^{20}

● جدول (١) أطوال وترددات الطيف الكهرومغناطيسي.

التطبيقات الطبية والحيوية

يمكن استخدام الموجات الدقيقة والراديوية ذات الترددات المنخفضة ـ من المدى ٥٠٠ كيلو هيرتز إلى ٢٥٠٠ ميجا هيرتز ـ للأغراض الطبية والعلاجية.

وتتخلص الفاعلية العلاجية والطبية والحيوية للموجات الراديوية والدقيقة عند التردد المذكور على اعتبار أنها قادرة على التوغل داخل الأنسجة الحية كجسم الإنسان ورفع درجة حرارة المحيط (الوسط) المحصور في مجال سقوطها فقط. ويعرف ـ طبياً ـ إستخدام الترددات المذكورة لإغراض العلاج الحراري (Heating Therapy) بـ (Diathermy).

ويكمن إستخدام هذه التقنية الطبية الحديثة في الإستفادة من هذا التسخين والإحماء للوسط المحيط بغرض التخفيف من آلام العضلات وإلتهاب العظام والأغراض الأخرى التي يكون فيها التسخين للأنسجة الداخلية مفيداً.

ومما يجدر ذكره أن أهم خاصية للموجات الدقيقة تنحصر في إثارة جزيئات الماء ـ كما في أفران الميكروويف ـ بإختيار التردد المناسب لهذه الموجات ليتطابق مع الطاقة اللازمة لإثارة جزيء الماء في الوسط، وبالتالي تتم عملية الامتصاص بحدها الأقصى لإحداث عملية التسخين.

ومن أهم المجالات الطبية والحيوية للموجات الدقيقة ما يلي:-

● العلاج الطبيعي

تعتمد تقنية العلاج الطبيعي بالموجات الدقيقة والموجات الراديوية على الاستفادة من خاصية التسخين المرافقة لإمتصاصها، حيث تستخدم بواسطة أخصائي العلاج الطبيعي لتدفئة وتسخين الأنسجة في العمق، وفي نفس الوقت يتم التحكم والسيطرة على درجة الحرارة الخارجية. وتعرف هذه الطريقة بـ (Microwave Resonance Therapy-MRT)، وهي بديل ناجح للتقنية الصينية القديمة المعروفة بالوخز بالأبر!.

● عمليات البالون الميكروية

أثبتت تقنية عمليات البالون الميكروية (Microwave Ballon Angloplasty) نجاحها في الحد من حدوث المشاكل التي عادة ما تعقب عمليات قسطرة البالون التقليدية.

● تسخين احواض التعقيم

يمكن تعقيم الأجهزة الطبية وغيرها عن طريق الموجات الدقيقة (Microwave Sterile docking) بدلاً من التعقيم بالطرق التقليدية ـ أفران حرارية وغيرها ـ حيث تعد هذه الطريقة قادرة على تأمين مصدر حراري آمن يسهل التحكم فيه والسيطرة عليه دون أدنى درجة من التلوث.

● إتلاف الخلايا السرطانية

تعتمد تقنية إتلاف الخلايا السرطانية بالتسخين ـ المعروفة بـ الهايبرثيرميا (Hyperthermia) ـ على التسخين المحدود والمقيد في مكان محدد ـ كموقع الخلايا السرطانية ـ مما يسِّهل من مهمة القضاء عليها دون إتلاف خلايا الوسط المحيط بها، وقد تم حديثاً تطوير هذه التقنية بشكل كبير باستخدام تقنية علاج التخثر بالميكروويف المعروف بإسم (Microwave Coagulation Therapy- MCT).

● مجالات طبية أخرى

يمكن استخدام التسخين بالموجات الدقيقة والراديوية في المجالات الآتية:-

١- تقنية تسخين وتدفئة الدم في الدورة الدموية أثناء إجراء العلميات الجراحية.

٢- إذابة عينات كريات الدم الحمراء المجمدة عادة عند درجة حرارة (-٦٥°م) بدلاً من استخدام التقنية التقليدية (حمام ماء دافيء)، والتي عادة ما تكون بطيئة، وغير مأمونة المخاطر من التلوث.

٣- جراحة وعلاج القلب بالتسخين في حالات الـ (Arrhythmia) وإنسداد الشرايين.

٤- جراحة الأنف والأذن والحنجرة حيث يتم استخدام هذه التقنية لعلاج حالات احتباس الهواء المسؤول عن حالات الشخير.

٥- جراحة المسالك البولية لمعالجة انسداد القناة البولية وإحتباس البول الناتجين عن تضخم البروستاتا فيما يعرف بتقنية (TUMT).

ويطلق على الجهاز المستخدم في هذه التقنية ـ (TUMT) ـ البروستاترون (Prostatron)، وهو يوفر الراحة والشفاء من حالات التبّول المتكررة الناتجة من تضخم البروستاتا دون أي تدخل جراحي أو تخدير أو أبر أو أي علاج عن طريق الفم أو الوريد، ويعد الجهاز المذكور أول

● استخدام الموجات الدقيقة في مجال التعقيم.

الأجهزة التي تستخدم تقنيات موجات الراديو والموجات الدقيقة في مجال الطب وأكثرها تطوراً، أذ يعتمد عليه من حيث الأمان والفاعلية. ويعطي الجهاز فرصة للتحكم بالحرارة في الموضع المطلوب (البروستاتا) من خلال السيطرة على تردد هذه الموجات، بينما تبقى بقية الجهاز البولي بارد، وتعد هذه التقنية عالية الفاعلية، فهي في الغالب تعطي شفاءً طويل الأمد يصل إلى الشفاء الكامل بإذن الله، ونتيجة لهذا العلاج فقد تعود غدة البروستاتا إلى حجمها الطبيعي بعد سلسلة جلسات علاجية.

التطبيقات المستقبلية

من المتوقع أن تشمل هذه التطبيقات إستخدمات كثيرة منها: العمليات الجراحية الخاصة بإزالة الشحوم والدهون الزائدة من الجسم، وعمليات اللحام للأنسجة بعد العمليات الجراحية، وتقنيات أخرى كثيرة مازالت قيد الدراسة والبحث.

كذلك لايقتصر استخدام الموجات الدقيقة ـ حاليا ـ في التطبيقات الطبية على أثرها الحراري فقط، ولكن يمكن أن تكون لها عدة تطبيقات أخرى إعتماداً على أثرها الكهرومغناطيسي.

وعلى الرغم من أن هذه الإكتشافات مازالت في مرحلة التطوير والدراسة إلا أنه هناك طرقاً سريرية تم البدء في تطبيقها وفقاً لهذه الخاصية، ففي دول الإتحاد السوفيتي السابق ودول الكتلة الشرقية تم إستخدام ما يسمى بالموجات الدقيقة الباردة في علاج بعض الأمراض والأعراض، منها القرح المزمنة وخاصة قرح الجهاز الهضمي. وقد أثبتت هذه التقنية نجاحاً كبيراً في علاج هذه القرح بعد جلسات محدودة، خاصة لمرضى البول السكري، والذين يجدون صعوبة في التآم القروح بالطرق التقليدية.

المخاطر الصحية

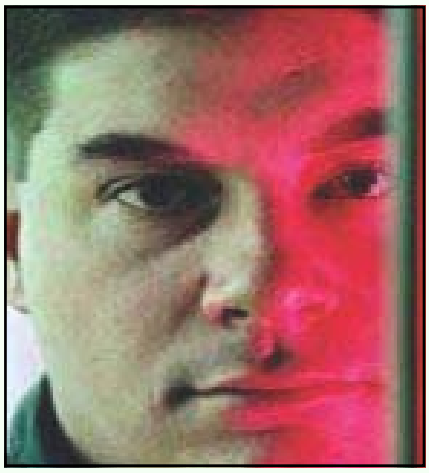
على الرغم من التطبيقات المذكورة للموجات الدقيقة والراديوية إلا أنها لاتخلو من بعض المخاطر (الأضرار) نتيجة للتأثير الحراري والتسخيني التي تحدثه في الوسط والمعروفة بـ (Hyper therm). وتشمل هذه المخاطر الأضرار والتلف التي قد تصيب العين والخصيتين نتيجة لهذا التعرض، حيث أن كل من أنسجة العين والخصيتين معروفة بعدم قدرتها على استيعاب الطاقة الحرارية الناتجة والممتصة بمعدل يفوق ١٠ إلى ١٥ ملي واط/سم٢.

بالإضافة لذلك فإن الاستخدام لهذه الحزم من الطيف الكهرومغناطيسي تتزايد بشكل كبير جداً نتيجة للتطور في مجال تطبيقات هذه الموجات ليتجاوز الآف المرات عما كان عليه قبل نهاية الحرب العالمية الثانية، الأمر الذي يزيد من مخاطر التعرض لها رغم أنها من الإشعاعات غير المؤينة. ومن الأمثلة على ذلك يعد مرض السرطان من الأمراض التي يمكن أن يزيد معدل انتشاره نتيجة للتعرض للموجات الدقيقة والراديوية، لذلك أدى الإنتشار والتوسع الكبيرين في إستخدام الموجات المذكورة وتطبيقاتها إلى إنشاء لجنة دولية تعنى بمخاطرها وتحديد الجرع الاشعاعية لكل من العاملين في هذا الحقل وعامة الجمهور.

وتسمى هذه اللجنة «بالهيئة الدولية للوقاية من الاشعاعات غير المؤينة» (ICNIRP) وهي هيئة دولية إنبثقت من الهيئة الدولية الوقاية من الإشعاع المعروفة بـ (ICRP).

ومن أهم واجبات اللجنة المذكورة وضع حد للوقاية للتعرض للموجات الكهرومغناطيسية غير المؤينة الممتدة من موجات الراديو حتى الأشعة فوق البنفسجية، وتعد هذه الحدود ـ حدود الأمان ـ هامة جداً لوقاية الإنسان من أخطار هذه الموجات. فعلى سبيل المثال أكدت بعض الأبحاث والدراسات المتأخرة على خطورة الموجات الدقيقة المستخدمة في الهواتف المحمولة. على الرغم من أن قدرة هذه الموجات صغيرة جداً، إلا أن هذه الدراسات أكدت أنها يمكن أن تسبب الأمراض السرطانية وإضطراب في الأعضاء المختلفة كالدماغ والعين وغيرها. ولهذا فقد صدر عن اللجنة العديد من التوصيات لتلافي مثل هذه المشاكل، مثل التأكيد على تقليص زمن الإتصال، وإبعاد الجهاز عن الأجهزة التناسلية الحساسة، وعدم استخدام هذه الإجهزة من قبل الأطفال حتى سن البلوغ، وما إلى ذلك من التوصيات الخاصة بعمليات الاستخدام للأجهزة العلمية والتطبيقية.

● جراحة المسالك البولية بتقنية (TUMT).



● تأثير الموجات الدقيقة على العين.

الموجات فوق السمعية في الطب

د. السيد محمود السيد سليمان

الموجات الصوتيه هي موجات ميكانيكية تنشأ عن اهتزاز المواد، مما ينتج عنه زيادة أو نقص الضغط في المائع المحيط بمصدر هذه الموجات، ويسبب هذا التغير في الضغط انتشار هذه الموجات طولياً، أي أنها تنتشر في نفس اتجاه زيادة ونقص الضغط .

تتميز الموجات الصوتية كغيرها من الموجات بخواص محددة مثل الطول الموجي (λ) وعدد مرات ذبذباتها في الثانية ، وهو ما يطلق عليه التردد (f) الذي يقاس بوحدة الهرتز HZ (ذبذبه لكل ثانية)، بجانب ذلك فإن هذه الموجات لها سرعة انتشار (v) حيث ترتبط هذه الخواص ببعضها البعض حسب المعادلة الآتية : $v = f \lambda$.

بالإضافة إلى ذلك فإن للموجات الصوتية شدة تعتمد على سعة ذبذباتها. كما أن خواصها تعتمد على خواص الوسط المحيط بالمادة المهتزة المصدرة للصوت من كثافة ودرجة حرارة وخلافه. وتقاس الشدة الصوتية بوحدة قياس (شدة نسبية) هي الديسبل (dB).

أقسام الموجات الصوتية

تنقسم الموجات الصوتية ـ بناءً على ترددها ـ إلى ثلاثة أقسام هي :ـ

● الموجات تحت السمعية

الموجات تحت السمعية هي الموجات التي لا تستطيع أُذن الإنسان استقبالها بسبب أن ترددها أقل من المدى المسموع ، ويصل هذا التردد إلى أقل من ٢٠ هيرتز تقريباً .

● الموجات السمعية

الموجات السمعية هي الموجات التي يقع ترددها في المدى المسموع للأذن، وهو من ٢٠ هيرتز إلى ٢٠ ألف هيرتز.

● الموجات فوق السمعية

الموجات فوق السمعية (ultra sound) هي الموجات التي يزيد ترددها على ٢٠ ألف هيرتز، وتتميز هذه الموجات بأن ترددها أكثر من المدى المسموع بواسطة الأذن، ولذلك لا تستطيع استقبالها، ويطلق على هذا النوع تجاوزاً الموجات فوق الصوتية، وهو خطأ شائع .

● خصائص الموجات

تتميز الموجات الصوتية بأنواعها المذكورة بأنها موجات ميكانيكية، لها نفس صفات الموجات الضوئية من حيث الانعكاس والانكسار وتغير مسارها وتلاشي طاقتها تدريجياً عند سريانها في الوسط المارة فيه. إضافة إلى إمكانية تكوين عدسات صوتية لتركيز الصوت مثل العدسات الضوئية .

إنتاج وتطبيقات الموجات فوق السمعية

للموجات فوق السمعية تطبيقات عديدة جداً في الحياة وخاصة في الطب وكذلك في العلاج، فهي تستخدم الآن في تشخيص وتصوير الأعضاء المختلفة في الجسم الساكن منها أو المتحرك، وترجع أهمية استخدام هذه الموجات في الطب إلى أنها موجات ميكانيكية غير ضارة بالصحة مقارنة بالموجات الكهرومغناطيسية المختلفة المستخدمة، مثل الأشعة السينية وأشعة جاما، والتي قد تؤدي إلى إصابة الإنسان بالسرطان أو أمراض أخرى عند تعريضه لها بجرعات كبيرة، ولهذا السبب يحظر على المرأة الحامل التعرض لمثل هذه الأشعاعات الكهرومغناطيسية خاصة عند تصوير الجنين .

كان أول استخدام للموجات فوق السمعية أثناء الحرب العالمية الثانية . فقد استخدمتها البحرية في الكشف عن الغواصات في نظام يسمى سونار (sonar) وتأتي هذه الكلمة اختصاراً لمجموعة من الكلمات هي :

استخدام الصوت (sound) في الملاحة (navigation) وقياس المدى (ranging) .

وتتلخص هذه الطريقة في إرسال موجات فوق سمعية في الماء لتصطدم عند سيرها بالهدف لتنعكس وترتد ثانية إلى مصدر هذه الأشعة ، وعن طريق حساب زمن الارتداد يمكن معرفة بُعد هذا الهدف . ومن شروط استخدام الموجات فوق السمعية أن يكون هناك جهاز لإنتاج هذه الموجات و جهاز آخر لاستقبالها وتسجيلها.

● إنتاج الموجات فوق السمعية

تعد خاصية البيزوكهربية (piezoelectricity) التي توجد في بعض المواد وخاصة الكوارتز من أهم الطرق لإنتاج وتسجيل الموجات فوق السمعية، فإذا وضعت بلورة من الكوارتز بين لوحين فلزيين، ومن ثم وُصِّلت هذه الألواح بجهد كهربي متردد، فإن هذا الجهد يسبب تضاغط وتخلخل للبلورة ، أي تنتج ذبذبات ميكانيكية في المدى فوق السمعي .

الجدير بالذكر أنه إذا تعرضت بلورة الكوارتز لموجات ميكانيكية فإنها سوف تنتج شحنات متغيرة على اللوحين الفلزيين المحيطين بها، أي تقوم بالعملية العكسية ، وهكذا تقوم بلورة الكوارتز بإنتاج الموجات فوق السمعية وكذلك تسجيلها . أي تقوم بالإرسال والاستقبال .

● استخدام الموجات فوق السمعية في الملاحة لقياس المدى .

وتتكون معظم الأجهزة التي تستخدم الموجات فوق السمعية أساساً من محول (Transducer) عبارة عن رأس توجد فيه بلورة الكوارتز التي تقوم بإرسال واستقبال الموجات ، وتتصل البلورة بسلك أو كابل لتوصيل التغذية الكهربائية ، واستقبال الإشارة الكهربائية الناتجة عن الموجات المنعكسة أوتوصيلها إلى أجهزة التسجيل و القياس والرؤية .

● طرق الاستخدام

توجد عدة طرق لاستخدام الموجات فوق السمعية في مسح (scan) أعضاء الجسم المختلفة منها ما يلي :

* **طرق المسح (أ) (A-scan)** ، وتطبق للحصول على معلومات تشخيصية عن عمق الأجسام الغريبة الموجودة في الجسم، أو أبعاد مكونات العضو . فمثلاً إذا طبقت هذه الطريقة على العين فإنه يمكن إيجاد المسافات بين القرنية و العدسة والشبكية وأيضاً تحديد الأجسام الغريبة في العين. وفي هذه الطريقة يوضع رأس المحول (الموجود به البلورة) ملاصقاً تماماً للعين بعد تغطيتها بمادة جلاتينية لإحكام دخول الموجات فوق السمعية، والتي تكون على هيئة نبضات تستمر في حدود الميكروثانية وبتردد من ٤٠٠ إلى ١٠٠٠ كيلو نبضة في الثانية (كيلو هيرتز).

وعندما تنتشر هذه الموجات داخل العين فإن جزء منها يرتد عند وجود أي حد فاصل داخل نسيج العين. ومن حساب زمن الارتداد يمكن إيجاد العمق أو البعد، وذلك بمعرفة سرعة هذه الموجات داخل الوسط .

* **طرق المسح (ب) (B-scan)**، وتستخدم لإيجاد صورة العضو في بعدين، وهي تختلف عن طرق المسح (أ) في أن المحول يتحرك، ولذا يقوم بمسح شامل للعضو، وإذا كان الجهاز مزود بحاسب فإنه يقوم بتجميع الموجات المرتدة على هيئة صورة ثنائية الأبعاد، ومع التقدم المذهل في برامج الحاسب أمكن الحصول على صور ملونة ثلاثية الأبعاد .

* **طرق المسح (م) (M-scan)**، وتجمع هذه الطريقة بين الطريقتين السابقتين(أ)،(ب)، وفيها يكون المحول ثابت والعضو هو الذي يتحرك مثل حركة القلب وصماماته، ولتطبيق هذه الطريقة ـ في حالة القلب ـ يوضع المحول على الجانب الأيسر للمريض ـ بين الضلوع ـ ويوجه إلى القلب بزاوية معينة لتسجل الموجات المرتدة، و تكرر هذه العملية عندما يكون المحول موجهاً بزاويا مختلفة، وفي هذه الحالة يمكن استخدام الحاسب لتخزين النتائج والحصول على صور لأجزاء القلب المختلفة وحركة صماماته .

* **تأثير دوبلر (doppler effect)** ، ويستخدم لقياس سرعة تحرك الأشياء مثل قياس سرعة الدم أو ضربات قلب الطفل في رحم الأم. ويأتي مصطلح تأثير **دوبلر** نسبة إلى مكتشفه . وتعتمد الفكرة الأساسية لتأثير **دوبلر** ـ معروفة منذ القدم ـ على أنه إذا اقترب شخص من مصدر صوتي ازداد تردد الصوت الذي يستقبله، أما إذا ابتعد عن المصدر فإن التردد الذي يستقبله يقل .

الجدير بالذكر أن قياس سرعة تحرك الأشياء باستخدام تأثير دوبلر ليست قاصرة على استخدام الموجات فوق السمعية، ولكن يمكن استخدام أي نوع آخر من الموجات الكهرومغناطيسية مثل الموجات القصيرة والموجات الدقيقة والأشعة تحت الحمراء وأشعة الليزر .

● التطبيقات التشخيصية

من أهم تطبيقات تقنية الموجات فوق السمعية ما يلي :ـ

* **الحمل**، ويعد ماسح الموجات فوق السمعية(ultrasonography) ـ منذ تطبيق استخدام الموجات فوق السمعية في أواخر

● صورة لجنين بالموجات فوق السمعية .

عام ١٩٥٠ في التشخيص ـ من أهم الأدوات التشخيصية في حالة الحمل، حيث بات من المألوف الآن استخدام أجهزة تسمى الماسح الزمني (real time scanner) لأنه يعطي صورة متصلة لحركة الجنين داخل الرحم تظهر على شاشة الماسح .

تستخدم في هذه التقنية أجهزة تطلق موجات فوق سمعية بتردد من ٣,٥ إلى٧ ميجاهرتز من خلال محول (Transducer) يوضع على بطن الأم الحامل بعد تغطيتها بسائل جلاتيني لإحكام توصيل هذه الموجات خلال جدار البطن. ويتحرك المحول لمسح جميع البطن. وتكوّن الموجات المرتدة صورة تظهر بمساعدة الحاسب على شاشة الماسح ، حيث يمكن رؤية حركة قلب الجنين وقياس دقات قلبه وتسجيل أي تشوهات أو أضرار به . كما يعطي معلومات عن حجم الجنين وعمره ونموه، وحتى ميعاد الوضع.

وبسبب أن الموجات فوق السمعية آمنة فإنه لاتوجد قواعد صارمة لتحديد مرات عمل المسح أثناء الحمل، إنما غالباً ما يجري المسح الأول بعد ٧ أسابيع لتأكيد الحمل ، وذلك بقياس نبضات الجنين. أما المسح الثاني فيكون بين الأسبوع ١٨ إلى ٢٠، وذلك لمراقبة النمو ومكان وهيئة المشيمة ، وأيضاً لتلافي الحمل المزدوج (خارج الرحم) وتأكيد أزمنة الوضع . بينما يكون المسح الثالث في حدود الأسبوع ٣٤ للتأكد النهائي . الجدير بالذكر أن المسح المتكرر يعتمد على نتائج المسوحات السابقة، أو عندما يشتبه في حدوث أشياء غير طبيعة أثناء الحمل .

* **تشخيص أمراض الرحم،** وقد ثبت من تقرير جامعة كاليفورنيا سان فرنسسكو أن الموجات فوق السمعية نجحت في تشخيص ٩٥٪ من حالات إصابة الرحم بالسرطان والأمراض المتعلقة بسن اليأس عند السيدات، وخاصة نزيف الدم. وفي هذه الحالة يستخدم اختبار يسمى (Endovaginal ultrasound-EVUS) حيث يدخل المحول (المجس) داخل المهبل لكي يقوم بقياسات بطانة الرحم وتصويره. فإذا كان سمكه أكبر من ٥ مم فإن ذلك يعني احتمال وجود عامل مخاطرة كبيرة للإصابة بالسرطان، وفي هذه الحالة تؤخذ مسحة للتشخيص المعملي.

* **تشخيص أمراض الثدي،** وقد أمكن الاستغناء عن استخدام الأشعة السينية بتقنية المسح الماموجرفي (mammography) في تشخيص أمراض الثدي لأنها تعرض السيدة لجرعات أشعة سينية كبيرة وخاصة في حالة كبر الثدي . لذلك وجد أن الموجات فوق السمعية تساعد في الكشف السريع عن أورام الثدي و طبيعة هذه الأورام من حيث الصلابة والسيولة

* **عينات الصدر،** حيث تساعد هذه التقنية في تحديد أماكن أخذ العينات من الصدر، وكذلك أماكن وضع الأقطاب العلاجية فيه .

* **كشف المثانة ومجرى البول،** يمكن بواسطة الموجات فوق السمعية وباستخدام الدوبلر قياس سرعة اندفاع البول، ومن ثم تحديد مكان اختناقه سواء كان في المثانة أو بمجرى البول.

* **المسح البطني (Abdominal scan)،** ويمكن بواسطته الكشف عن عدد من مسببات أمراض البطن، مثل آلام البطن والدوار والقيء . ويمكن أيضاً عمل مسح للكبد والبنكرياس والطحال، وكذلك الكشف عن المرارة ومجاري العصارة الصفراء .

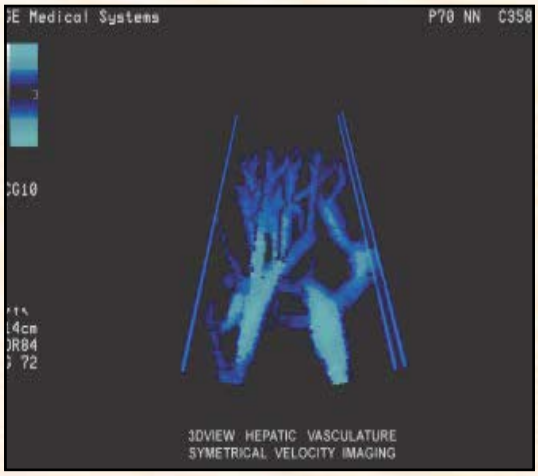
● **التطبيقات العلاجية**

تستخدم الموجات فوق السمعية في العلاج أيضاً وليس فقط في التصوير والتشخيص الدقيق للأمراض. وتنقسم الموجات فوق السمعية المستخدمة في العلاج على أساس شدتها (كثافة قدرتها)، إلى نوعين هما:

ـ موجات فوق سمعية ذات شدة قليلة أو متوسطة، وفي هذه الحالة تستخدم في العلاج الطبيعي وإزالة الالم وإلتئآم الجروح وما إلى ذلك .

ـ موجات فوق سمعية ذات شدة كبيرة، وتصل شدتها إلى ألف وات/سم٢ ، ويكون التأثير الحراري لها كبير، ولذا فإنها تستخدم في إزالة الأورام وتجلط الدم وأمراض العيون.

ويعتمد استخدام الموجات فوق السمعية في العلاج ـ عموماً ـ على التأثير الحراري الناتج عن مقاومة النسيج خلال سريان هذه الموجات داخله. فعندما تمر الموجات فوق السمعية داخل النسيج فإنها



● مسح الكبد بالموجات فوق السمعية.

تحدث مناطق من التضاغط و التخلخل داخله . وإذا زادت هذه التضاغطات والتخلخلات عن حد المرونة لهذه الأنسجة فإنها تتمزق، وهذا يفسر سبب تمزق طبلة الأذن بواسطة أصوات ذات شدة كبيرة نتيجة للضغط والتخلخل الذي يصاحب هذه الموجات فوق سمعية.

الجدير بالذكر أن الموجات فوق السمعية ذات شدة ٣٥ وات/سم ٢ يمكنها إحداث تغيرات في الضغط مقدارها ١٠ ضغط جوي ، وهذا بدوره ينتج قوة هائلة تؤدي إلى تكسير روابط جزيئات المادة . وعند الشدة العالية جداً فإن الماء يتحول إلى أول أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وهيدروجين (H_2) مما يؤدي إلى تكسير روابط الأحماض الأمينية والنووية .

كذلك يمكن أن يؤدي الضغط السالب خلال فترة التخلخل إلى خروج الغاز المذاب في المحاليل مثل الدم ، وبذلك تتكون الفقاقيع (Cavitation) التي تقوم بدورها بقطع الروابط بين الغاز والأنسجة .

ويمكن للموجات فوق السمعية عند شدة مقدارها ألف وات/ سم٢ أن تدمر أي نسيج عند أي عمق بواسطة شعاع من الموجات فوق الصوتية المركزة الموجهة نحو الهدف، وفي هذه الحالة لا يكون التدمير بسبب التأثير الحراري فقط ولكن بسبب التغيرات الكيموحيوية داخل النسيج .

ولهذا فإن الموجات فوق السمعية ذات الشدة العالية تعد أداة مهمة وآمنة للقضاء على الأورام بأنواعها والأورام الليفية ، وفي إزالة المياه البيضاء من العين . وتعتمد شدة الموجات المستخدمة على حسب الحالة.

تسمى الأجهزة المنتجة للموجات فوق السمعية عند تردد بين ١إلى٣ ميجاهرتز ودورات تشغيل (Duty Cycle) تتراوح من ٢٠ إلى أقل من ١٠٠ ٪ بالأجهزة النبضية (Pulsed)، أي التي تعمل على النظام النبضي .أما إذا وصلت دورات التشغيل إلى ١٠٠ ٪ فتسمى بأجهزة النظام المستمر (Continuos) . ويستخدم كل نوع على حسب حالة العلاج سواء كانت حادة أو مزمنة، وذلك كما يلي :

● استخدام الموجات فوق السمعية في العلاج الطبيعي.

* **العلاج الطبيعي** ، ويعد من أهم مجالات الاستخدام لهذه التقنية، حيث تستخدم بصفة خاصة في الإصابات التي يطلق عليها إصابات الملاعب التي تشمل كدمات العضلات والأربطة وكدمات والتهابات المفاصل . ويتم ذلك بوضع المحول (Transducer) المنتج للموجات فوق السمعية ذات التردد و الشدة ودورة العمل المناسبة على سطح العضلة المغطاة بطبقة السائل (gel) الموصل، فينشأ عن سريان الموجات الصادرة داخل العضلة وعن طريق ذبذباتها تسخين أنسجة هذه العضلة، فتتسبب هذه الحرارة في تمدد الأنسجة الدموية المغذية للعضلة، وبذلك تحفز مرور الدم حاملاً الأكسجين والمواد الغذائية، وفي نفس الوقت يتم التخلص من المواد الضارة مثل حامض اللبن (Lactic acid) الذي يسبب تراكمه داخل العضلات الإحساس بالألم .

كما تستخدم الموجات فوق السمعية في إدخال المواد المسكنة على هيئة سائل إلى داخل الجسم، وذلك بتغطية الجزء المراد تسكينه بتلك المواد، ثم وضع محول الموجات فوق السمعية ذو الرأس المستديرة على هذا الجزء لتقليل الالتهاب .

* **التئام الجروح**، وتقوم الموجات فوق السمعية عند وضعها على مكان الجرح العميق والبسيط ـ خاصة جروح مرضى البول السكري ـ المغطى بالسائل الموصل بالضغط على الخلايا الحلمية (mast cell)، وينشأ عن ذلك انسياب مادة الهستامين والمواد الموصلة (mediators) الأخرى. وتلعب هذه المواد دوراً هاماً في تحفيز وجلب مكونات الخلايا إلى مكان الجرح، وتساعد هذه العملية مع عمليات أخرى في تسريع مرور مرحلة الإلتهاب والتي بدورها تؤدي إلى التئام الجرح بسرعة .

إضافة لذلك فقد لوحظ أثناء هذه العملية أن الموجات فوق السمعية تؤثر على خلايا الألياف (Fibroblast) وتحثها على إفراز الكولاجين، وهذا بدوره يسرع ويحسن قوة الأنسجة الضامة مكان الجرح.

* **استخدامات أخرى** ، ومن ذلك إزالة الدهون في الأماكن غير المرغوب فيها بالجسم، و طب الأسنان وبالتحديد في إزالة التكلسات المترسبه على الأسنان (us scalers) .

مستقبل أجهزة الموجات فوق السمعية

نظراً لأن الموجات فوق السمعية ليس لها أي آثار جانبية تذكر على جسم الإنسان مثل تلك الناتجة عن الموجات الكهرومغناطيسية المؤينة (الأشعة السينية وأشعة جاما وغيرها) والتي يمكن أن تؤدي إلى الإصابة بالسرطان عند تكرار التشخيص بها. لذا فمن المؤمل أن تستبدل هذه الأجهزة وخاصة المقطعية منها (CT) بأجهزة تستخدم الموجات فوق السمعية لتؤدي نتيجة أفضل .

وتجري الأبحاث لإنتاج وتصميم جهاز يستخدم الموجات فوق السمعية في تصوير أعضاء الجسم، وفي نفس الوقت وقف نزيف الدم خاصة أثناء الحوادث و أمراض المعارك. ويسمى هذا الجهاز (Acoustic Hemostasis Device For Advanced Truma care) وتنشأ أهميته من معرفة أن وقف النزيف الداخلي للدم من جسم الإنسان يعد أحد الأسباب الرئيسة للوقاية من حالات حوادث الطرق والحروب. إذ في هذه الحالة

يجب إسعاف المصاب في زمن وجيز جداً وإلا فإن فرصة بقائه على قيد الحياة تكون معدومة ، لذلك فإنه يطلق على الزمن بعد الإصابة بالساعة الذهبية (Golden Hour)، ويتوقف ذلك على مكان الإصابة. فمثلاً إذا نشأ عن الإصابة قطع في شريان رئيسي بقطر ١مم فإن الدم في هذه الحالة يمكن أن يتدفق بسرعة ٣٠٠ سم / ثانية ويسبب فقدان كلي للدم بعد أقل من ٤٥ دقيقة .

تعتمد فكرة هذا الجهاز على وجود وحدتين، أحدهما تقوم بتصوير الجزء المصاب في الجسم و تقدر سرعة خروج الدم بواسطة تأثير دوبلر، بينما تقوم الوحدة الأخرى بتركيز شعاع من الموجات فوق السمعية عالية الشدة ناحية النزيف الذي تم تشخيص مكانه سابقاً في هذه الحالة فإن النزيف سوف يتوقف نتيجة تجلط الدم بفعل الحرارة الناتجة من الموجات فوق السمعية. وبذلك يسعف المريض في نفس المكان ودون عملية جراحية، وهذا من شأنه الحفاظ ـ بإذن الله ـ على الأرواح وتقليل النفقات العلاجية .

المراجع

1- The American college of obstetricians and Gynecologists (abbreviated in references ACOG) , Planning for Pregnaney. Birth ,and beyond .ADutton Book , May, 1992.

2-**Blatt,Robin J.R.** Prenatal Tests . Vintage Books, New York , Augst 1988 .

3-The Boston Wonen`s Health Collective , The New our Bodies our Selves . Simon and Schuster New York .NY.1986.

4-**Rothman , barbara Katz .** The Tentative Pregnancy Viking Penguin Inc . New York , NY 1986 .

5-**Scher Jonathan , M.D. and Dix ,** Carol . will may Baby Be Normal? How to Make Sure . The Dial Press . New York .1983 .

6-**Comeron J.R, Skofronick J.G.** Medical Physics chapto.12,13 John Wiley Sons New York 1978 .

7-**Dyson,M and Smalley ,**D'Effects of Ultrasound on wound contraction In Millner,R and Corket (eds) Ultrasound interaction in Biology and Medicine . Plenum, New York , 1983 . P 131 .

8-http://pluto.apl.washington.edu/harlett2/artgwww/acoustic/medical/hemostat.html

عالم في سطور

الدكتور عبدالقادر

عالمنا من العلماء الأفذاذ الذين نذروا حياتهم لخدمة العلم والإنسانية ، من العلماء الذين يمثلون صفحات مضيئة في حاضر هذه الأمة.

لقد كان من العلماء النادرين الذين ربطوا العلم بالايمان ، وقصر سنواته الأخيرة على التأمل والتفكر في عظمة الخالق سبحانه وتعالى.

أصبح عالمنا في وقت قصير من أعظم الأساتذة البارزين في كلية الطب في جامعة القاهرة ، مع أنه لم يحصل على درجة في الطب ، إذ كان تخصصه في الكيمياء الحيوية، ظهر نبوغه منذ السنوات الأولى ، حيث كان متميزاً في جميع مراحل تعليمه الإبتدائي والثانوي والجامعي.

يعد عالمنا من أعظم العلماء البارزين في الكيمياء الحيوية على مستوى العالم ، فقد نشر العديد من الأبحاث العلمية القيمة ، التي تحمل اسمه وتدرس في الجامعات الأجنبية.

● **الاسم والجنسية :** محمد محمود عبدالقادر، مصري الجنسية.

● **تاريخ ومكان الميلاد :** ولد في ١٩/٢/١٩٢١م بالقاهرة، جمهورية مصر العربية.

● **تعليمه**

ـ بكالوريوس في الكيمياء والنبات من جامعة القاهرة عام ١٩٤١م، مع مرتبة الشرف.

ـ دكتوراه في الكيمياء الحيوية من جامعة لندن عام ١٩٤٨م.

● **أعماله**

ـ بدأ أعماله كمحاضر في قسم النبات في كلية الطب بعد تخرجه مباشرة .

ـ ١٩٤٣م كيميائي في وزارة الصحة.

ـ ١٩٤٤م عاد إلى قسم الكيمياء الحيوية في كلية الطب.

ـ ١٩٦٦م أستاذ في قسم علم وظائف الأعضاء بكلية الطب.

ـ ١٩٨٧م رئيس معهد علوم التغذية.

● **إنجازاته**

ـ ألقى أكثر من ١٨٥ ورقة علمية في المؤتمرات المحلية والدولية ، غطت كثير من المواضيع منها: الكيمياء الحيوية ، والتغذية الكاملة والرياضيين ، والتغذية الكاملة والجنس ، والعلم واكتشاف الجريمة، وطبيعة وكيمياء الحياة ، والتغذية كعلم وفن، والعقول المريضة والمخدرات الجديدة.

ـ يعد أول مصري يمنح درجة الدكتوراه في علم الكيمياء الحيوية.

ـ أنجز العديد من الأبحاث العلمية القيمة في مجال الخلايا الحيوية التي تحمل اسمه وتدرس في الجامعات الأجنبية.

ـ سس كلية الطب في بني غازي بليبيا.

ـ ساهم بشكل فعال في تطوير معهد علوم التغذية.

● **الجوائز والأوسمة**

ـ جائزة الدولة التشجيعية عام ١٩٦٠م.

ـ وسام الاستحقاق عام ١٩٨٥م.

ـ جائزة الاستحقاق الرسمية عام ١٩٨٦م.

الطب النووي

د. السيد محمود السيد سليمان

بدأ الطب النووي منذ أكثر من خمسين عاماً وأصبح الآن من التخصصات الطبية المهمة في مجال تشخيص وعلاج الأمراض الخطرة ، ويوجد الآن في الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من أربعة الآف قسم طب نووي في المستشفيات المختلفة تجري أكثر من ١٠ ملايين عملية تصوير وعلاج نووي في العام. ورغم أهمية هذا التخصص للعناية بالمرضى إلا أنه غالبا ما يحدث لبس أو سوء فهم بينه وبين تخصصات أخرى مثل الأشعة العامة والأشعة المقطعية (CT) والتصوير بالرنين النووي المغناطيسي (MRI).

يعنى الطب النووي بالعضو من الناحية التشريحية، بالإضافة إلى الناحية الوظيفية، والتي تعطي معلومات مفيدة وهامة عن عمل العضو وبيان الأجزاء التي لاتعمل فيه أو المصابة بأمراض سرطانية، وذلك في حالة الفحص المبكر، وبذلك يمكن تشخيص أي مرض منذ بدايته. وتعد هذه الميزة الوظيفية من المزايا التي يتفرد بها الطب النووي عن التقنيات الأخرى التي يتم فيها تشخيص العضو عن طريق تكوين صور له من الناحية التشريحية فقط، لذلك تعد تقنيات الطب النووي من أحسن التقنيات للعديد من البحوث الطبية مثل دراسة وظيفة قلب المريض والاختناقات في شرايين الدم خاصة التي تغذي الأجزاء المختلفة من المخ، وكذلك في تصوير ودراسة وظائف جميع أعضاء الجسم كالكبد والكلى والغدة الدرقية وغيرها .

وتستخدم في الطب النووي كميات قليلة من المواد الدوائية المشعة (Radio Pharmaceutical) التي تصدر أشعة جاما (γ) ، والتي تتميز بقابلية الالتحام بالأعضاء والأنسجة والعظام ليتم تسجيلها بآلات تصوير محددة تسمى آلة تصوير ـ كاميرا ـ جاما (Gamma or PET Cameras)، وتعمل هذه الكاميرا مع الحاسب لتكوين صور متتابعة للعضو. ويتم إدخال المادة الدوائية المشعة داخل الجسم إما بالاستنشاق أو البلع أو الحقن، وعند وصول هذه المادة إلى العضو المراد فحصه، فإنها تصدر إشعاعات جاما التي يمكن تصويرها خلال فترة معينة كافية لإعطاء معلومات عن وظيفة هذا العضو، وفي نفس الوقت تصويره ومعرفة الدقائق التشريحية له. وتبلغ الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها المريض من جراء إدخال كمية من مادة مشعة لأشعة جاما خلال عملية الفحص نفس الكمية ـ تقريباً ـ التي يمكن أن يتلقاها المريض أثناء التشخيص باستخدام الأشعة السينية. لهذا تعد تقنيات الطب النووي مناسبة من حيث المخاطر والتكاليف، فضلاً عن أنها تستخدم الآن في كثير من التخصصات الطبية، مثل: طب الأطفال، والقلب، والمخ، والأعصاب، والعظام، ويوجد الآن أكثر من مائة طريقة من طرق التصوير بتقنيات الطب النووي التي تستخدم في التشخيص والعلاج والوقاية من الأمراض.

يتضح مما سبق أن تقنية الطب النووي تنبني على المواد الصيدلانية المشعة وآلة التصوير الاشعاعي المعروفة بكاميرا جاما.

يستعرض هذا المقال طرق تحضير المواد الصيدلانية المشعة والاستخدامات الطبية لهذه التقنية، وكذلك شرح موجز لعمل آلة التصوير الإشعاعي.

المواد الصيدلانية المشعة

المواد الصيدلانية المشعة (Radio Pharmaceutical) عبارة عن عناصر مشعة تستخدم في الطب. وتختلف العناصر المشعة عن العناصر غير المشعة في أن العناصر المشعة يمكنها أن تصدر إشعاعات مؤينة حتى تصل للحالة المستقرة. ويرجع السبب في عدم استقرار العناصر المشعة أن عدد نيوتروناتها أكبر من نيوترونات العنصر المستقر .

الجدير بالذكر أن العناصر المشعة يمكن أن تصدر إما جسيمات ألفا (α) أو جسيمات بيتا (β) أو إشعاعات جاما (γ) في

سبيل وصولها إلى الحالة المستقرة، ويمكن تعريف هذه الجسيمات وأشعة جاما كما يلي:-

● جسيمات ألفا

جسيمات ألفا (α) عبارة عن نواة الهيليوم ٤ ($^{4}_{2}He$) المكونة من بروتونين ونيوترونين، وهي جسيمات مشحونة موجبة الشحنة تبلغ شحنتها ضعف شحنة البروتون. لذا يمكن التحكم في مسارها باستخدام مجالات كهربائية أو مغناطيسية، كما يمكن تعجيلها باستخدام المعجلات النووية إلى قيم عالية للطاقة. وتنتمي هذه الجسيمات إلى مجموعة الجسيمات النووية الثقيلة، وتنتج طبيعياً بسبب تفكك نواة العنصر المشع إلى نواة مستقرة، ومن ذلك مثلاً :-

تفكك نواة البولوتونيوم ٢١٨ إلى نواة الرصاص ٢١٤ مع إصدار جسيم ألفا.

$$^{218}_{84}Po \longrightarrow ^{214}_{82}Pb + \alpha$$

● جسيمات بيتا

جسيمات بيتا (β) هي إلكترونات سريعة جداً منشؤها من النواة، ولها خصائص مماثلة لإلكترونات الذرة. وتحمل وحدة واحدة من الشحنة السالبة. وهناك نوع آخر من إشعاع بيتا اكتشفه **س.د.اندرسون** عام ١٩٣٢م، يتكون من جسيمات لها نفس كتلة الإلكترون، ولكنها ذات شحنة موجبة، وتعرف بالبوزترونات. لذلك يرمز لإشعاع بيتا أما بالرمز β^- (الإلكترونات) أو β^+ (البوزترونات)، وفي الاستخدام اليومي يعني المصطلح إشعاع بيتا عادة النوع السالب.

وينقسم التفكك الذي ينتج عنه إصدار جسيمات بيتا إلى ثلاثة أنواع :

١- التكفك الإلكتروني (Electron decay)

$$^{14}_{6}C \longrightarrow ^{14}_{7}N + \bar{e} + \nu$$

٢- التفكك البوزيتروني (Positron decay)

$$^{22}_{11}Na \longrightarrow ^{22}_{10}Na + \bar{e}^{+} + \nu$$

٣- الأسر الالكتروني (Electron Capture)

$$^{45}_{22}Ti + e \longrightarrow ^{45}_{21}Sc + \nu$$

$\bar{e}$: الكترون ، ν : نيترينو ، $\bar{e}^{+}$: بوزيترون

● إشعاع جاما

إشعاعات جاما (γ) عبارة عن فوتونات (موجات كهرومغناطيسية) كالفوتونات الضوئية ذات تردد عال جداً (أي أنها ذات طاقة عالية جداً)، وتنتج من التغيرات في النواة. وهي ليست أجساماً مادية، ولاتحمل أي شحنة ولايمكن التحكم في مسارها أو تعجيلها باستخدام المجالات الكهربائية أو المغناطيسية.

ويعد النيكل المثار ($^{60}Ni^{*}$) من العناصر التي تصدر اشعاعات جاما، وذلك كما يلي:-

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow \beta\,(2505\ KeV) + ^{60}_{28}Ni^{*} \longrightarrow ^{60}_{28}Ni + \gamma\,(1173\ KeV) + \gamma\,(1332\ KeV)$$

قاد التعرف على الأنواع المذكورة أعلاه من الاشعاعات العلماء إلى اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي وتحديد النظائر الطبيعية المشعة، واستخدامها في العديد من التطبيقات الطبية والصناعية، وقد شهدت الفترة من عام ١٩٢٠م إلى ١٩٣٠م تقدماً كبيراً في تلك المجالات، إلا أن محدودية عدد النظائر الطبيعية المشعة حدت من هذه التطبيقات، وأصبحت الحاجة ملحة لانتاج نظائر مشعة صناعياً. وقد أمكن ذلك عندما اخترع العالم **إرنست لورانس** (**Ernst Lawrence**) في بركلي- كاليفورنيا ١٩٢٤م جهاز السيكلترون(Cyclotron) ، وهو عبارة عن ماكينة كهربائية وظيفتها تسريع الديوترونات (أيونات الهيدروجين المستقرة) إلى سرعات كبيرة جداً، حيث قام باطلاق هذه الديوترونات السريعة على هدف من الكربون $^{12}_{6}C$ فازداد عدد البروتونات إلى ٧، وتحول الكربون إلى نيتروجين، وقد أثبتت هذه التجربة إمكانية انتاج النيتروجين المشع وليس فقط تحويل الكربون إلى نيتروجين.

فتحت هذه التجربة آفاقاً كبيرة لإنتاج المزيد من النظائر المشعة بواسطة السيكلترون. وكذلك الحال بالنسبة للمفاعلات النووية التي ساهمت كثيراً في تقدم انتاج النظائر المشعة بإعداد وكميات كبيرة يمكن استخدامها في جميع المجالات. وفي المجال الطبي يمكن إنتاج العديد من المواد الصيدلانية المشعة بطريقة صنعية من المفاعلات النووية سواء من خلال تفاعلات الإثراء النيوتروني ـ إضافة نيوترونات (neutron inrichment) أو نزع بروتونات في نوى مستقرة ـ لتوليد نظائر مشعة مثل إنتاج الكوبالت ٦٠، أو من خلال الانشطار النووي لليورانيوم مثل إنتاج السيزيوم ١٣٧ وغيره الكثير. أو باستخدام معجلات الجسيمات المشحونة والتي تعمل على النقص النيوتروني ـ نزع نيوترون (neutron deficient) من نواة العنصر ـ أو إضافة بروتون.

● مراحل التحضير

يتم تحضير المواد الصيدلانية المشعة من العناصر التي تطلق أشعة جاما بصفة أساس، حسب المراحل التالية:-

١ـ إستخلاص النظائر المشعة من المادة الأم.

٢ـ التنقية من أية مواد كيميائية أو نظائر أخرى أو أي من الشوائب .

٣ـ التحويل الكيميائي الى صورة بيولوجية نشطة مناسبة للوصول والإمتصاص في أعضاء وأنسجة الجسم البشري .

٤ـ جعل هذه المواد مناسبة للتناول (عن طريق البلع أو الاستنشاق أو الحقن).

٥ـ الكشف والتحكم في نوعية المواد الدوائية المشعة المنتجة .

الجدير بالذكر أن الصيدلانيات المشعة تخضع للقواعد التي تطبق على الأدوية،

إلا أنها تخضع أيضاً إلى عدة قواعد، تشمل: قواعد الأمان الاشعاعي، وفترة العمر النصفي، والحفظ، والتخلص من النفايات .

● المواصفات

تختلف مواصفات النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي حسب الغرض المستخدمة فيه كالتالي:-

* **أولا : التشخيص**، وذلك كما يلي:-

١- أن تكون فترة العمر النصفي - الفترة التي تقل بعدها الشدة الإشعاعية للنظير إلى النصف - قصيرة جداً وتتناسب مع فترة الاستخدام .

٢- أن لا تكون باعثة لجسيمات ألفا، كما يفضل أن لا تكون باعثة لجسيمات بيتا إن أمكن، وذلك بهدف خفض الجرعة الإشعاعية للمريض التي تنتج عن هذه الإشعاعات دون فائدة من الناحية التشخيصية .

٣- أن تكون طاقة أشعة جاما كافية للتسجيل خارج العضو .

٤- أن تكون في أقصى حالات النشاط. وبذلك لاتسبب أي أعراض جانبية ولا سمية.

يعد التكنيسيوم ٩٩م ($^{99}_{43}Tc$) من أهم النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي حيث يستخدم في مجال التشخيص بصفة أساس - لما له من خواص مثالية لاستخدامه في هذا المجال، وهي :

١- يبلغ عمره النصفي ٦ ساعات، وهي فترة كافية لفحص العمليات الحيوية للأعضاء المختلفة وتصويرها، مما يقلل من الجرعة الاشعاعية المعطاة للمريض.

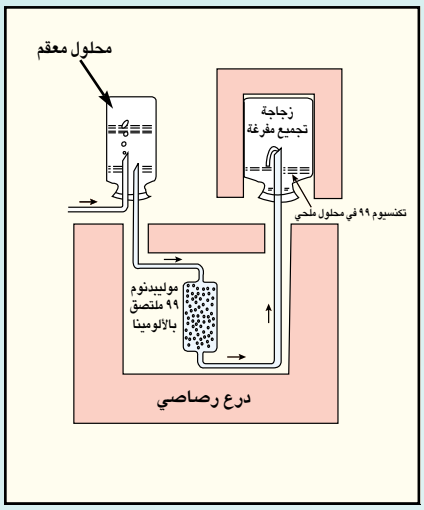
٢- وجوده في حالة مثارة لايشع سوى إشعاعات جاما وإلكترونات قليلة الطاقة، وبالتالي تكون الجرعة المعطاة للمريض قليلة.

٣- رغم أن طاقة أشعة جاما المنطلقة منه قليلة، إلا أنه يمكن تسجيلها بواسطة مصورة جاما ، وهذا أيضا يقلل كمية الجرعة الاشعاعية المعطاة للمريض.

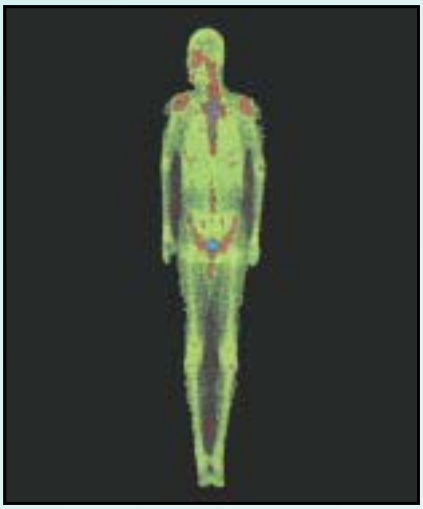
٤- خواص التكنيسيوم الكيميائية تجعله ملائماً ، حيث يلتصق بعدد كبير من المواد البيولوجية النشطة التي تحمله إلى الأعضاء المختلفة المراد فحصها بالتحديد. فيتم إمتصاصها، ويبدأ في إطلاق أشعة جاما. وهذه هي أساسيات مايسمى بتقنية تتبع الأثر. ونتيجة لقصر فترة العمر النصفي للتكنسيوم ٩٩م فإنه يحضر في المستشفيات من النظير الأم المولبدينوم ٩٩م ($^{99}_{42}Mo$) بواسطة مولد التكنيسيوم ٩٩م، وهو عبارة عن أنابيب من الزجاج، شكل (١)، محاطة بالرصاص ومحتوية على المولبدينوم ٩٩ ذو العمر النصفي ٦٦ ساعة ، وهذا يتحلل مصدراً جسيمات بيتا إلى التكنيسيوم ٩٩ ، المستخدم في العلاج .

بجانب التكنيسيوم٩٩م هنالك العديد من العناصر المشعة - تصدر اشعاعات جاما بصفة أساسية- التي يمكن استخدامها في العلاج والتشخيص والتي تنتج صناعياً أما بواسطة السيلكترون جدول (١) ، أو بواسطة المفاعلات النووية جدول (٢) ، حيث تتميز العناصر المنتجة بواسطتهما باعمار نصفية قصيرة ، لذا توجد مثل هذه الأجهزة في بعض المستشفيات .

الجدير بالذكر أن تطبيقات الطب النووي لاتجرى داخل جسم المريض فقط (In Vivo) ولكن تستخدم في التحاليل الطبية الخارجية، أي بوضع المادة المشعة في انبوبة إختبار (In Vitro) . من هذه التحاليل مايسمى بالتحليل الاشعاعي



● شكل (١) مولد التكنيسيوم ٩٩ .



● توزيع المادة المشعة الدوائية أثناء المسح النووي.

النظير	العمر النصفي	التطبيقات
جاليوم ٦٧ (^{67}Ga)	٣,٢٦ يوم	تصوير الأورام وتحديد مكان العدوى.
تاليوم ٢٠١ (^{201}Tl)	٧٣,١ ساعة	تصوير وتشخيص عضلات القلب والسرطان الليمفاوي البسيط.
يود ١٢٣ (^{123}I)	١٣,٢ ساعة	تشخيص وظائف الغدة الدرقية.
إنديوم ١١١ (^{111}In)	٢,٨ يوم	دراسة المخ والتهابات وعدوى القولون .
كربون ١١ (^{11}C)	٢٠ دقيقة	تقنية البوزترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض النفسية.
نيتروجين ١٣ (^{13}N)	١٠ دقائق	تقنية البوزترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض النفسية.
اكسجين ١٥ (^{15}O)	٢ دقيقة	تقنية البوزترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض النفسية.
فلور ١٨ (^{18}F)	١١٠ دقيقة	الكشف المبكر عن السرطان وأمراض المخ.

● جدول (١) النظائر المشعة المنتجة بالسيكلترون وتطبيقاتها الطبية.

النظير	العمر النصفي(يوم)	التطبيقات
تكنسيوم ٩٩ (^{99m}Tc)	٠,٢٥	تصوير الهيكل العظمي وعضلات القلب والمخ والغدة الدرقية والرئتين والطحال والكلى والحويصلة الصفراء والنخاع العظمي والغدد اللعابية وحوض دم القلب وغيرها.
الكروم (^{51}Cr)	٢٧	دراسة كريات الدم الحراء وتحديد النقص في بروتين الامعاء.
كوبالت ٦٠ (^{60}Co)	١٩٢٥	العلاج الاشعاعي الخارجي .
النحاس ٦٤ (^{64}Cu)	٠,٥٢٩٢	دراسة الأمراض الوراثية المتعلقة بإيض النحاس مثل امراض ويلسون وأمراض منكي.
الايتريوم١٦٩ (^{169}Yb)	٣٢	دراسة السائل المخي والنخاع .
يود ١٢٥ (^{125}I)	٦٠,١٤	تشخيص الجلطات العميقة لاوردة الارجل،، أمراض الكلى، التحاليل الطبية، كثافة العظام.
يود ١٣١ (^{131}I)	٨	التصوير والعلاج خاصة الغدة الدرقية، تشخيص وظائف الكبد، سريان الدم في الكلى، المجاري البولية.
إرديوم ١٩٢ (^{192}I)	٧٣,٨	العلاج الإشعاعي الداخلي.
حديد ٥٩ (^{59}Fe)	٤٤,٥	دارسة إيض الحديد في الطحال .
زينون ١٢٧ (^{127}Xe)	٣٦,٤	دراسة الجهاز التنفسي (الرئتين).
زينون١٣٣ (^{133}Xe)	٢,٩	دراسة الجهاز التنفسي (الرئتين).
فسفور ٣٢ (^{32}P)	١٤,٢٩	علاج مرض زيادة كريات الدم الحمراء.
بوتاسيوم ٤٢ (^{42}K)	٠,٥	تبادل البوتاسيوم في الشريان التاجي .
سماريوم ١٥٣ (^{153}Sm)	١,٩٣٨	تخفيف آلام سرطان العظام من الدرجة الثانية.
سيلينيوم٧٥ (^{75}Se)	١١٩,٨	دراسة إنزيمات الهضم.
صوديوم ٢٤ (^{24}Na)	٦٣	دراسة الإلكترونات داخل الجسم.
أوتيريوم ٩٠ (^{90}Y)	٢,٦٧	علاج السرطان والتهاب المفاصل الكبيرة .

● جدول (٢) النظائر المشعة المنتجة بالمفاعلات النووية وتطبيقاتها الطبية.

المناعي(Radio immuno assay - RIA)، وفيه تخلط المواد المشعة بالسوائل المختلفة للجسم ومنها الدم ، وبذلك يمكن قياس مستوى الهرمونات والفيتامينات ومستوى الأدوية في الدم، وتحديد الأمراض الوراثية وما إلى ذلك. وتكون الصيدلانيات المستخدمة في هذه التحاليل على هيئة مجموعة تركيبية (Kits) لها أسماء تجارية محددة لكل تحليل .

* **ثانياً : العلاج**، وذلك كما يلي:-

١- يجب أن لايكون العمر النصفي للنظير المشع سبباً في إطالة بقاء المريض في المستشفى.

٢- يجب أن يصدر النظيرالمشع جسيمات ألفا وبيتا بطاقة كافية لكي تخترق الأجزاء المصابة المراد علاجها.

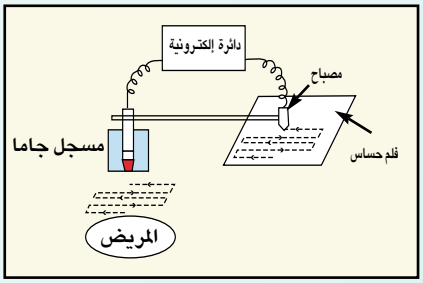
٣- يجب أن تكون طاقات أو إشعاعات جاما ملائمة من حيث الاختراق لإيداع الجرعة في الأنسجة المراد علاجها مع إيداع أقل جرعة في الأنسجة السليمة .

التطبيقات

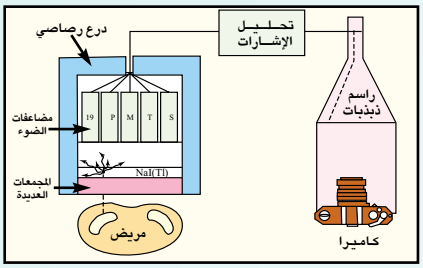
ظهر أول استخدام سريري للنظائر المشعة الصناعية عام ١٩٣٧م لعلاج سرطان الدم في جامعة كاليفورنيا بيركلي، غير أن البداية الحقيقية لاستخدام هذه النظائر بصورة ناجحة تمت في عام ١٩٤٦م عندما عولج سرطان الغدة الدرقية بواسطة اليود ١٣١ المشع الذي قضى عليه تماماً . أما بالنسبة للتصوير باستخدام النظائر المشعة فإن تاريخه يرجع الى فترة الأربعينيات من القرن العشرين عندما قام رواد الطب النووي باستخدام كاشف إشعاعي حساس (عداد **جايجر مولر** GM) على سطح الأجزاء المختلفة من الجسم لتتبع توزيع المادة المشعة السابق حقنها به. وفي عام ١٩٥٠م تمكن **كاسنس** (Cassens) من تطوير أول ماسح خطي ميكانيكي واستخدام كاشف وميضي من يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI (Tl)، كما هو مبين في شكل(٢). وقد تطورت هذه المواسح تطوراً كبيراً بفضل تصنيع كواشف وميضية ذوات بلورات أكبر حجماً ودوائر الكترونية متطورة تعمل على تسجيل توزيع الإشعاع الخارج من الجزء المراد فحصه . لكن هذه المواسح تعاني من عدة عيوب أهمها عدم امكانية استخدامها على الأجزاء المتحركة، ولذا فإن المريض يجب أن يحبس أنفاسه أثناء عملية المسح. أدى هذا إلى اختراع آلة تصوير- كاميرا- جاما ، التي ساهمت كثيراً في مجال التشخيص مقارنة بما كان متبعاً قبل اكتشافها.

● آلة تصوير - كاميرا - جاما

أحدث اختراع العالم **هال أنجر** (Hal Anger) من جامعة كالفورنيا عام ١٩٥٦م لمصورة جاما (Gamma Camera) انقلاباً في الطب النووي، أمكن بواسطة هذه المصورة الحصول على صورة توزيع الإشعاع وهي في الوضع الثابت. وتتميز هذه المصورة بوجود بلورة كبيرة من يوديد الصوديوم



● شكل (٢) الأجزاء الرئيسية للماسح الخطي.



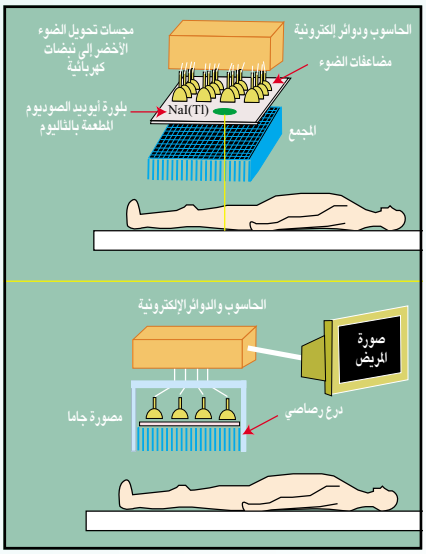
● شكل (٣) المكونات الرئيسية لمصورة جاما في بدايتها الأولية.

المنشط بالثاليوم(NaI (Tl، وكاشف وميضي بقطر يتراوح مابين ٣٠سم إلى ٤٥سم وسمك ١سم. ويبين شكل (٣)، الأجزاء الرئيسية لهذه الكاميرا ، وهي مجمع كثير الثقوب يواجه بلورة يوديد الصوديوم والتي تحول إشعاع جاما الى ضوء يكبر بواسطة مضاعف الضوء، والذي يحوله إلى إشارات كهربائية تذهب إلى معالج الإشارات ، فيحولها الى صورة تظهر على راسم الذبذبات لتلتقط بواسطة الكاميرا الضوئية.

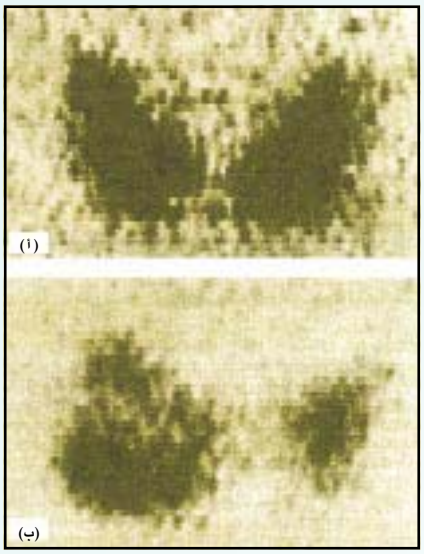
ويمثل شكل (٤)، المصورة الحديثة ، حيث يلاحظ أن التطور هنا حدث في عدد ثقوب المجمع ، وبالتالي زيادة عدد مضاعفات الضوء التي تعطي عدداً هائلاً من الاشارات تعالج بوسطة الحاسب الذي يعرضها على الراصد. ويمكن للكاميرا التحرك إلى الأعلى أو إلى الأسفل وإلى اليمين أو اليسار، بهذه الحركات وباستخدام الحاسب يمكن الحصول على صورة الأشعة المقطعية ، هذا بالطبع مع حركة الطاولة التي يرقد عليها المريض.

تم إحداث تطور في مصورة جاما لمعالجة البيانات باستخدام برامج حاسب آلي معقدة تعطي صورة مجسمة، كما أن نظام مضاعف الضوء ، قد استبدل من نظام مضاعف الضوء المصنوع من الأنابيب المفرغة (Photo multiplier tubes-PMTS) ، إلى مضاعف ضوء شبه موصل هو ثنائي السيلكون الضوئي (Silicon Photodiode) . وترتبط هذه الثنائيات بالبلورة الوميضية وتعطي صوراً تمتاز بالجودة والدقة والقدرة التحليلية السطحية ويسمى هذا النظام مجس الموضع الرقمي (Digital Position Sensing).

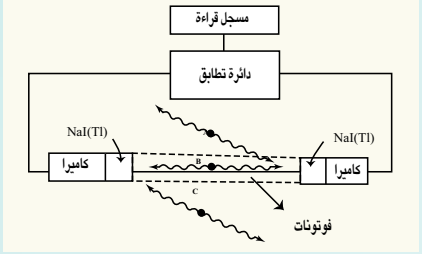
*** عمل مصورة جاما** ، ويتلخص في التصوير المستوي (Planner) المقطعي باستخدام الحاسب (Single Photon Emission Computed Tomography-SPECT) لدراسات المخ والقلب والظهر والعظم، والكبد ومسح الرئتين وجميع أجزاء الجسم وعضلات القلب ووظائف الكلى والمسالك



● شكل (٤) الأجزاء الرئيسية لمصورة جاما الحديثة.



● شكل (٥) مسح نووي لغدة درقية سليمة (أ) وأخرى مريضة (ب).



● شكل (٦) أساسيات تقنية البوزترون PET.

البولية ووظائف الغدد ، ويوضح شكل(٥)، مقارنة بين غدة درقية سليمة حيث يخرج الإشعاع من جميع أجزائها، وغدة درقية بها أجزاء لاتشع (باردة) أي لاتعمل، وبالتالي يحتمل وجود ورم سرطاني أو بداية تكون الورم .

● التصوير بالانبعاث البوزتروني

توجد في الطب النووي تقنية أخرى تسمى التصوير المقطعي بالانبعاث البوزتروني (Positrom Emission Tomography -PET) تستخدم الفلور ١٨. وتعتمد هذه التقنية على أنه عند انخفاض سرعة البوزترون فإنه يتحد مع أي إلكترون فيفنيان معاً ، وينبعث منهما فوتونان بطاقة ٠,٥١١م.أ.ف وينطلقان في اتجاهين متضادين، ولذلك يجب استخدام مصورتي جاما مزودتين بدائرة تطابق ، بحيث لايتم تسجيل أي فوتونات الا إذا كانا من نفس المصدر وفي المستوى نفسه، كما هو موضح بشكل (٦) . وتعد هذه التقنية هامة جداً في تشخيص أمراض المخ وخاصة التي تتعلق بالامراض العصبية .

المراجع:

1- **Cameron J.R, Skofronick J.G,** "Medical Physics" John Wiley & Sons 1978 .

2- **Henderson J. Charles W,** Intratumer Injection of Immuo globulins Labelled With the alpha- Particle emitter At-211: Analyses of tumer retention micradistribution growth delay. Cancer Weekly Plus , 11, 1998 .

3- **Ohe A, Mueller-brand j , Dellas s ., Nitzche E.U. , Hermann R.,** Yhrium-go Labelled Somatostain- analogue for Cancer treatment the Lancet, 7 , 1998 .

4- **Skerret,** P., J. Accelerating Isotope Proauction. MIT'S,S Technology Review , March-April 1998 .

5- **Wolfgang , Lori,** Panel to feds : hands off radioisotope Science , Dec 22, 1995 .

د. جازي بن معاذ المخلف

يمثل السرطان ثاني مسبب للوفاة بعد أمراض القلب في الولايات المتحدة الأمريكية، ويوجد للسرطان تأثير متزايد على معدل الوفيات في العالم، حيث يتم تشخيص حوالي ٨ ملايين حالة سرطان في العام يتوفى منهم حوالي ٥ ملايين. وحسب تقديرات منظمة الصحة العالمية (WHO) فإن عدد مرضى السرطان سيكون حوالي ٢٠ مليون في عام ٢٠٢٠م. لذلك فإنه يمثل مشكلة صحية حقيقية تهم جميع الناس، وذلك لوجود الكثير من التعقيدات التي تكتنف طرق اكتشافه وعلاجه.

يتم في الولايات المتحدة وأوربا علاج حوالي ٥٠ إلى ٧٠٪ من حالات السرطان بالإشعاع، وذلك في فترة من فترات المرض.

وهناك حوالي ٦٥ ٪ من المرضى الذين لديهم أورام محددة يتم شفاء حوالي ثلثيهم بواسطة الجراحة أو الأشعة أو الإثنين، أما الذين لديهم احتمال انتشار الورم من هذه المجموعة فيستخدم العلاج الكيميائي كمدعم للشفاء، بجانب ذلك فإن الـ ٣٥٪ الباقية من المرضى والذين لديهم أورام لا يمكن إزالتها جراحيا أو لديهم انتشار فإن ٥٪ منهم يمكن أن يشفوا بواسطة العلاج الكيميائي والمناعي معا بالإضافة إلى العلاج بالأشعة أو الجراحة. لذلك يعد طريق العلاج بالإشعاع ـ منفرداً أو مجتمعا مع الطرق الأخرى ـ من أهم الطرق لعلاج هذا المرض.

تاريخ تطور العلاج بالإشعاع

منذ اكتشاف الأشعة السينية عام ١٨٩٥م على يد العالم الألماني **رونتجن** واكتشاف النشاط الإشعاعي على يد العالم **بيكرل** عام ١٨٩٦م، ومن ثم اكتشاف مادة الريديوم ٢٦٦ المشع على يد **مدام كيوري** عام ١٨٩٨م، بدأ استعمال الأشعة في علاج الأورام السرطانية، وقد تم شفاء أول مريض عن طريق العلاج بالإشعاع عام ١٨٩٩م. لذلك فقد أدت هذه الاكتشافات إلى فتح أبواب جديدة في البحث والتطوير لكشف أسرار الأشعة وإيجاد الطرق المثلى للاستفادة منها. وقد تم تصنيع واستخدام المصادر المشعة ـ مادة الريديوم ٢٦٦ـ على شكل إبر أو أنابيب منذ عام ١٩١٠م، وفي عام ١٩١٣م تم تصنيع أول أنبوب أشعة سينية بجهد قدره ١٤٠ كيلوفولت، ثم تم تطويره عام ١٩٢٢م للحصول على جهد مقداره ٢٠٠ كيلوفولت تم استخدامه في علاج الأورام العميقة. أما في مجال الأشعة الحيوية فقد تسابق العلماء على إجراء العديد من الدراسات والتجارب لمعرفة تأثير الإشعاعات المؤينة على خلايا الأورام السرطانية وخلايا الأنسجة السليمة من حيث مقدار تحملهما لجرعات مختلفة من الأشعة سواء مرة واحدة أو تجزئتها على دفعات تفصلها فترات زمنية محددة، وعلاقة التأثير بمقدار الجرعة والنتائج الآنية أو اللاحقة لهذا التأثير.

وفي عام ١٩٣٤م طور **كوتارد** نظام لتجزئة جرعات الأشعة العلاجية الذي ثبتت فعاليته، وقد بقي هذا النظام أساساً للعلاج بالأشعة حتى اليوم. أدى التراكم المعرفي إلى إدراك الأطباء والعلماء أن استخدام الأشعاعات المؤينة بشكل آمن ومفيد يستلزم أمرين هما:

* **تحسين وسائل توليد الطاقة**، حيث استمر دأب العلماء والمهندسين في هذا الطريق، إذ تم عام ١٩٥١م تصنيع أول جهاز أشعة يعمل بمصدر الكوبلت ٦٠ (Cobalt-60) بطاقة حوالي ١,٢٥ مليون إلكترون فولت، ويمكنه الدوران دورة كاملة حول المريض. ومنذ عام ١٩٤٥م ـ بعد اختراع أنابيب توليد الميكروويف ـ بدأ اختراع وتصميم أجهزة المعجلات الخطية (Linear Accelerators)، حيث تم عام ١٩٥٣م علاج أول مريض بمعجل خطي طاقته ٨ مليون إلكترون فولت. تلا ذلك إدخال الكثير من الإضافات والتحسينات على المعجلات الخطية التي تمثل اليوم الغالبية العظمى من أجهزة

العلاج بالأشعاع. ولم يقتصر الأمر على ذلك، فقد تم اختراع المعجلات الدائرية لإنتاج الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات.

* **ضوابط قياس جرعات الأشعة**، حيث شهد عام ١٩٢٥م أنعقاد أول مؤتمر عالمي في لندن لعلوم الأشعة تقرر بموجبه إنشاء هيئة عالمية تقوم بوضع معايير لشدة الأشعة السينية الصادرة من أجهزة الأشعة، وقد سميت هذه الهيئة " الهيئة العالمية لأجهزة الأشعة السينية " والتي أصبحت لاحقا "اللجنة الدولية للقياسات الاشعاعية " (ICRU)، وقد قامت هذه اللجنة بعد إنشائها بوضع وحدات ومسميات لكميات الأشعة، منها على سبيل المثال وحدة التعرض للأشعة "**رونتجن**" في عام ١٩٢٨م، ووحدة النشاط الإشعاعي "**كيوري**" في عام ١٩٥٠م، ووحدة الجرعة الممتصة "**راد**" في عام ١٩٥٣م. وفي عام ١٩٦٠م تم اعتماد النظام المعياري العالمي للوحدات (SI)، وبناءً على ذلك تم تعديل معظم الوحدات فاستعمل "**جراي**" بدلاً من "**راد**" و"**بكرل**" بدلاً من "**كيوري**" إلخ. وقد دأبت الهيئة العالمية لوحدات وقياسات الأشعة على إصدار تقاريرها فيما يخص وحدات وقياسات الإشعاعات التي شملت كثيراً من الأنظمة والضوابط، وتعد أهم مرجع للعاملين في هذا الحقل.

الجدير بالذكر انه توجد الآن الكثير من الهيئات العالمية التي تهتم بحقل العلاج بالأشعة مثل الوكالة العالمية للطاقة الذرية التي أصدرت في عام ٢٠٠٠م أحدث نظام لقياس الجرعات الممتصة حسب نشرتها رقم (TRS No. 398)، بالإضافة إلى الاكتشافات السالفة الذكر فقد واكب ذلك اختراع أجهزة التشخيص المختلفة وأجهزة القياس والمعايرة، مثل جهاز حجرة التأين (Ionization chamber)، وأجهزة قياس كميات ومعدلات الجرعة (Dosemeters). كما تم استنباط العلاقات الرياضية المختلفة التي تحكم تفاعل الأشعة مع الوسط الحي واستخدام أجهزة الحاسب الآلي في التحكم بهذه الأجهزة، وحساب جرعات الأشعة وإيجاد الطرق المثلى للعلاج.

تفاعل الإشعاعات المؤينة

تنقسم الأشعاعات المؤينة إلى أشعة كهرومغناطيسية مثل الأشعة السينية وأشعة جاما، وأشعة جسيمية مثل الإلكترونات، والبروتونات، والنيوترونات وغيرها، ومن حيث الشحنة فإن بعض الأشعة المؤينة تحمل شحنات موجبة أو سالبة مثل الإلكترونات والبروتونات، والبعض الآخر لا يحمل شحنات مثل الأشعة الكهرومغناطيسية وأشعة النيوترونات. وعندما تسقط هذه الإشعاعات على المادة فإنها تودع طاقتها عن طريق تصادمها بذرات الوسط لينتج عن ذلك تأيين ذرات المادة بتكوين أزواج من الأيونات الموجبة والسالبة.

● جهاز معجل خطي.

يتكون الكائن الحي من أنسجة مختلفة، وتتكون هذه الأنسجة من خلايا ذات تراكيب بيولوجية غاية في التعقيد، وعندما يحدث تأيين في الوسط الحيوي فإن ذلك يؤدي إلى سلسلة متعاقبة من الأحداث الفيزيائية والكيميائية التي تنتهي بوقوع إصابات بيولوجية في مكونات الخلية. وتكون نتائج إصابة الخلية إما قصيرة المدى مثل وقف قدرتها على الانقسام، أو إضعاف قدرتها على تأدية وظيفتها الحيوية أو موتها. أما الإصابة طويلة المدى فينجم عنها تغير في التركيب الوراثي في الخلية (الجينات)، مما يؤدي إلى تغيرات وراثية لاحقة. وللخلية الحية ـ سواء سرطانية أو سليمة ـ القدرة على ترميم نفسها وإصلاح بعض الإصابات غير المميتة، وهذه الخاصية دفعت العلماء إلى استعمال نظام تجزئة جرعات العلاج بالإشعاع لإتاحة الفرصة للأنسجة السليمة للقيام بعملية الإصلاح.

أسس وأهداف العلاج بالإشعاع

يمكن تعريف العلاج بالإشعاع على أنه تخصص طبي يعنى بعملية استخدام الإشعاعات المؤينة في علاج مرضى الأورام السرطانية (وأحياناً الحميدة)، ويهدف العلاج بالإشعاع إلى إعطاء المريض جرعة من الأشعة مقاسة بدقة إلى حجم محدد من الورم مع السماح بأقل قدر ممكن من الأشعة على الأنسجة السليمة المحيطة بالورم أو التي تمر من خلالها، وتكون هذه الجرعة كافية لتدمير الورم وتؤدي إلى تحسن في صحة المريض وإلى زيادة متوقعه في طول عمره.

يكون الهدف من العلاج إما شفائي وإما تخفيفي، ويكون الهدف الشفائي شفاء المريض من الورم بإذن الله ليعيش لفترة طويلة بعد العلاج. أما العلاج

التخفيفي فيقرره الطبيب في حالة كون المرض خارج عن السيطرة العلاجية، ويكون احتمال الشفاء منه شبه معدوم، وفي هذه الحالة يكون الهدف هو فقط تخفيف الآلام المصاحبة للورم.

تجزأ الجرعة الكلية للإشعاع إلى أجزاء عديدة، وتعطى على شكل جلسات يومية، ويوجد حد أعلى مسموح فيه لجرعة الأشعة العلاجية (سواء الجرعة اليومية أو الكلية)، فإذا زادت عن هذا الحد قد تحدث إصابات جسيمة في الأنسجة السليمة، كما أنها إذا قلت عن الكمية المطلوبة للقضاء على الورم فإن الورم سيعاود انتشاره. وهناك الكثير من العوامل التي تتحكم في وصفة العلاج منها مدى حساسية الورم للعلاج بالإشعاع، ومعدل نموه وحجمه، وموقعه بالجسم، وحالة المريض. لذلك يجب على الطبيب وضع الخطة العلاجية المثلى لكل حالة. وفيما يخص تنفيذها يجب أن لا تتجاوز نسبة الزيادة أوالنقصان في جرعة الإشعاعات المعطاة (±٥٪) من جرعة الأشعاعات المقررة .

عملية العلاج بالإشعاع

تعد عملية العلاج بالإشعاع من الإجراءات المعقدة لكونها تشتمل على العديد من العناصر المتخصصة والعمليات المشتركة أو المتداخلة والأجهزة الدقيقة. ومن العناصر التي تشارك في عملية العلاج بالإشعاع الأطباء، والفيزيائيون، وفنيو العلاج الإشعاعي (مشغلو الأجهزة)، ومهندسو الأجهزة العلاجية، ومخططو ومقننو الجرعات بالكمبيوتر، وممرضات، وأخصائيو الخدمة الإجتماعية ومساعدو المرضى. ويجب أن يكون هناك قدر كبير من التنسيق بين أعضاء هذا الفريق بحيث يكون هناك إنسيابية والتزام بالقيام بالدور المحدد لكل منهم.

ويبدأ مسار العملية العلاجية في الغالب بتشخيص الورم عند المريض بواسطة أجهزة التشخيص الطبية المتعددة ـ الأشعة المقطعية، وأشعة الرنين المغناطيسي، والأشعة فوق الصوتية، والأشعة النووية، وأشعة البوزترون، والفحوص المختبرية وغيرها ـ ليتم بعدها إرسال المريض إلى عيادة مشتركة مكونة من مجموعة من أطباء الأشعة العلاجية، أطباء جراحة الأورام، وأطباء العلاج الكيميائي وتخصصات أخرى إذا لزم الأمر. وتقوم هذه المجموعة بمراجعة كافة بيانات المريض وتقييم حالته واتخاذ القرار الأمثل للعلاج، حيث قد يكون العلاج الجراحي أو الكيميائي أو بالإشعة أو بها جميعا أو بإثنين منهما فقط. وبناء على ذلك يتم توجيه المريض لبدء العلاج، فإذا كان في الأشعة العلاجية يتولى أخصائيو العلاج الإشعاعي من فيزيائيين ومبرمجين مسؤولية وضع الخطة العامة للعلاج والإشراف العام على تنفيذها.

● جهاز المحاكاة .

تبدأ أولى مراحل الخطة العلاجية بقسم جهاز المحاكاة (Simulator) حيث يتم أخذ صور أشعة لمنطقة الورم، وتحديد مساقط حقول الأشعة العلاجية، وتحديد الأنسجة والأعضاء الحساسة التي يجب تلافي تعرضها للأشعة، وأيضا تحديد ما إذا كان المريض يحتاج إلى أقنعة تثبيت أو دروع حماية لبعض المناطق. وقد تستخدم في هذه المرحلة جهاز التصوير المقطعي أو جهاز المحاكاة الافتراضي (Virtual Simulator) إن وجدت، حيث تؤخذ صور مقطعية لمنطقة الورم، ومن ثم عن ـ طريق الكمبيوتر ـ يتم تحديد مساقط الأشعة وأخذ صور تشخيصية لها، بعد ذلك يتم وضع علامات محددة على جسم المريض، وغالباً ما يرسل المريض في نهاية هذه المرحلة إلى غرفة الدروع وكتل الحماية، حيث يتم عمل هذه الدروع هناك.

وفي المرحلة الثانية يتم إرسال جميع هذه البيانات إلى الحاسب الآلي لتخطيط العلاج بالأشعة ثلاثية الأبعاد، حيث يقوم طبيب العلاج بالأشعة ـ في البداية ـ بتحديد حجم الورم المزمع علاجه، ثم يقوم أخصائيو التخطيط بالكمبيوتر وتقنين الجرعات بقسم الفيزياء الطبية بعمل خطة علاج مثلى ثلاثية الأبعاد، معتمدين في ذلك على البيانات المأخوذة من الجهاز المشابه والأشعة المقطعية والبيانات التي تم تغذية جهاز الكمبيوتر بها مسبقا، مثل أنواع أجهزة العلاج بالأشعة وطاقتها والخصائص الفيزيائية لكل منها. وعند إنهاء هذه الخطة يتم شرحها للطبيب المعالج وعند موافقته ـ قد يطلب بعض التعديلات ـ تتم مراجعتها من قبل أحد أخصائيي الفيزياء الطبية.

وفي المرحلة الثالثة من عملية التخطيط يتم أرسال الخطة الكاملة إلى جهاز المحاكاة

للتأكد عملياً من إمكانية تطبيقها على المريض، وعند نجاحها يتم إرسالها إلى جهاز المعالجة بالأشعة.

يتم في المرحلة الرابعة تنفيذ الخطة العلاجية على المريض باستخدام جهاز المعالجة بالإشعة ويقوم بذلك فريق من الفنيين المؤهلين.

الجدير بالذكر أن التطوير الحديث في الخطة العلاجية بالإشعاع يتم عن طريق ارسالها عن طريق الحاسب الآلي بواسطة شبكة داخلية ترتبط بجميع أجهزة قسم العلاج بالإشعاع، وتعمل ببرامج تقوم بتخزين بيانات المريض والخطة العلاجية والجلسات اليومية ولا تسمح للعاملين بتجاوز أي من عناصرها.

طرق العلاج بالإشعاع

تتوفر الآن ثلاث طرق رئيسية للعلاج الإشعاعي، هي كما يلي :

● العلاج الإشعاعي الخارجي عن بعد

توجد الكثير من أجهزة العلاج الاشعاعي الخارجي عن بعد (External Teletherapy) مثل أجهزة الأشعة السينية بجهد يتراوح من ٥٠ إلى ٣٠٠ كيلو فولت، وأجهزة الكوبلت، وأجهزة المسرع (المعجل) الخطي، وأجهزة العلاج بالبروتونات، وأجهزة العلاج بالنيوترونات.

تشكل المسرعات الخطية حوالي ٩٠٪ من الأجهزة المستخدمة في العلاج الإشعاعي في الوقت الحاضر، وقد تم أكتشاف المسرعات الخطية بعد اكتشاف أنابيب توليد الموجات الكهرومغناطيسية المعروفة باسم المغنترون أو الكليسترون (Magnetron or Klystron) التي تعمل بتردد يقارب ٣٠٠٠ ميجاهرتز، وقد تمكن العلماء من استخدام الأجهزة المذكورة في تسريع

● جهاز المغنترون .

الإلكترونات داخل أنبوبة التسريع إلى سرعات عالية للغاية تقارب سرعة الضوء، وعندما تصل حزمة الإلكترونات الى سرعة معينة حسب طول أنبوب التسريع يتم التحكم في مسارها بواسطة مغناطيسات تعمل على انحرافها بزاوية ٩٠ أو ٢٧٠ درجة لتصطدم بالهدف (Target)، وهنا يمكن اختيار إحدى عمليتين:

ـ الحصول على الأشعة السينية بوضع هدف من مادة التنجستن بسمك حوالي ١ملم، لتصطدم به حزمة الإلكترونات السريعة، فتتولد عن ذلك الإصطدام أشعة سينية تستخدم في العلاج.

ـ الحصول على حزمة أشعة الإلكترونات بإزاحة الهدف ـ مادة التنجستن ـ واستبداله بشريحة معدنية رقيقة تقوم ببعثرة الإلكترونات الساقطة عليها وزيادة سعة الحزمة لأغراض العلاج.

تستخدم الغالبية العظمى من المسرعات الخطية لعلاج أورام مساحة مقطعها مابين ٥×٥ سم٢ إلى ٤٠×٤٠ سم٢، أما في حالة الأورام صغيرة الحجم أو كبيرة المساحة فيمكن استخدام طرق خاصة لعلاجها. فمثلاً يتم علاج الأورام الصغيرة في الرأس بما يسمى «الأشعة الجراحية» (Radiosurgery). وتتلخص هذه الطريقة بأخذ صور مقطعية لرأس المريض بواسطة جهاز الرنين المغناطيسي، ومن ثم يثبت على رأسه قالب من مادة كربونية وتؤخذ له صور مقطعية بواسطة جهاز الأشعة المقطعية. بعد ذلك تتم مطابقة الصور المقطعية وتحديد مكان الورم المزمع علاجه وعمل الخطة العلاجية المناسبة بواسطة جهاز تخطيط الجرعات الخاص بهذه التقنية. أما في حالة سرطانات الدم أو الجلد فيتم تشعيع كامل الجسم (TBI TSET). حيث تستخدم الأشعة السينية في حالة سرطانات الدم وحزمة الإلكترونات في حالة سرطان الجلد.

مما يجدر ذكره أن تقنية المسرعات الخطية قد تطورات أخيراً وأصبحت اليوم أكثر دقة وديناميكية وأضيفت لها العديد من المكملات، ويتم التحكم فيها بالحاسب الآلي.

● العلاج الإشعاعي عن قرب

العلاج الإشعاعي عن قرب (Brachy therapy) عبارة عن علاج الأورام السرطانية عن طريق وضع مصدر مشع مغلق في وسط الورم أو على سطحه مباشرة، ويتم العلاج بهذه الطريقة عن طريق أنابيب يتم ادخالها من خلال الفتحات الطبيعية بالجسم، أو عن طريق إبر أو كبسولات أو أسلاك من المصادر

● جهاز العلاج الإشعاعي عن قرب .

المشعة ـ مثل السيزيوم ١٣٧ والإريديوم ١٩٢ واليود ١٢٥ـ يتم غرزها وسط الورم، أو توضع المصادر المشعة في قالب يوضع على سطح الجسم عندما يكون الورم سطحياً. وتستخدم اليوم أجهزة التعبئة اللاحقة (Afterloading devices) التي يتم استعمالها على مرحلتين:

* **المرحلة الأولى**، يتم إدخال الحاويات أو الأنابيب وهي فارغة إلى المنطقة المزمع علاجها حسب توزيع معين، ويتم التأكد من ذلك بأخذ صور أشعة تشخيصية.

* **المرحلة الثانية**، وتبدأ بعد التأكد من وجود الأنابيب في أماكنها الصحيحة وحسب التوزيع المطلوب بإرسال المصادر المشعة لتبقى فترة زمنية محددة حسب الخطة العلاجية لتعطي الجرعة المطلوبة، بعدها تسحب المصادر المشعة آلياً إلى مستودع خاص.

● العلاج بالنظائر المشعة غير المغلفة

تتميز بعض خلايا الجسم بخاصية امتصاص وتركيز بعض العناصر لاستخدامها في بناء مركبات معينة كجزء من وظيفتها الطبيعية ، فمثلاً تقوم الغدة الدرقية بامتصاص وتركيز اليود من الدم، كما تقوم كريات الدم الحمراء بامتصاص مادة الفسفور، وقد استفاد الأطباء من هذه الخواص باستبدال هذه العناصر بنظائر مشعة، فيما يعرف بالعلاج بالنظائر المشعة غير المغلفة (Unsealed Radioisotopes) لذلك يستخدم اليود ١٣١ الصناعي المشع في علاج بعض أمراض الغدة الدرقية مثل الأورام وزيادة النشاط. كما يستعمل الفسفور٣٢ المشع في علاج مرض كثرة خلايا الدم الحمراء.

دور أخصائي العلاج بالأشعة

يقوم أخصائيو الفيزياء الطبية بكثير من المهام منها:

ـ عمل الخطط العلاجية بالأشعة لمرضى الأورام يدويا أو بواسطة الحاسب الآلي. وتكون الخطة العلاجية حسب نوع الورم وحجمه وموقعه، حيث يقوم المخطط باختيار نوع الأشعة، وطاقتها، وعدد الحقول، ومساحة كل منها، وزاوية سقوط الحزمة على الورم. بالإضافة إلى ذلك يقوم المخطط عند الحاجة باستعمال المرشحات الوتدية (Wedges) ومعوضات الأنسجة (Tissue compensators) وقوالب التدريع (Shielding Blocks).

ـ معايرة أجهزة العلاج بالأشعة بضبط معدل ناتج الأشعة (Output-cGy/MU)، ويتم ذلك حسب أنظمة دقيقة لقياس الجرعات باستخدام أجهزة قياس تتكون من غرفة تأين ومقياس جرعات خضع للمعايرة من مختبر أولي للمعايرة والتقييس.

ـ عمل قياسات وفحوص الجودة النوعية بشكل دوري.

ـ عمل فحوص الإستلام والتأهيل لجميع أنواع أجهزة العلاج بالإشعاع.

المراجع

١ـ **حسن كامل عوَاض، محمود محمد الجنتيري**، أساسيات تخطيط العلاج الإشعاعي، المعهد القومي للأورام ـ جامعة القاهرة ١٩٩٦م، مطبعة أخبار اليوم.

٢ـ **د. مرسي عرب**، الذرة والنظائر المشعة في الطب والعلاج ١٩٦٦م. شركة الأسكندرية للطباعة والنشر.

٣ـ **محمد فاروق أحمد محمد، أحمد محمد السريع**، الإشعاعات المؤينة ـ خصائصها وتأثيرها واستخداماتها، الندوة العالمية لاستخدامات وتكنولوجيا الأشعاعات المؤينة١٩٨٢م. مطابع جامعة الملك سعود.

4- **Carlos A. Perez, Luther W. Brady.** Principles and Practice of Radiation Oncology. 2nd edition, 1992. J. B. Lippincott Company.

5- Reports by: International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Publications. 7910 Woodmont Avenue, Suite 1016. Bethesda, Maryland 20814.

6- Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of x- or gamma rays in radiotherapy procedures. International. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) #24 , Bethesda, MD, 1976.

7- Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 and 50 MeV. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) #35 , Bethesda, MD, 1984.

8- Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) #50 , Bethesda, MD, 1993.

9- **Faiz M. Khan.** The Physics of Radiation Therapy. 2nd edition, 1994. Baltimore, Maryland. Wiliams & Wiliams.

10- **Eric J. Hall.** Radiobiology for the Radiologists. 2nd edition, 1978. Hagerstown, Maryland. Harper & Row.

11- Internationl Atomic Energy Agency (IAEA). TRS-398. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water. IAEA, 2001.

12- **H. E. Johns, J. R. Cunningham.** The Physics of Radiology. 4th edition, 1983. Thomas Books

13- **C. J. Karzmark, Craig S. Nunan, Eiji Tanabe**. Medical Electron Accelerators, 1993. McGraw-Hill, Inc.

الفيزياء الحيوية لليزر

د. عطية بن علي الغامدي

اكتشف العالم الفيزيائي ألبرت إينشتاين (Albert Einstein) ١٩١٧م، بأن الذرات ـ تحت شروط معينة ـ تستطيع امتصاص الضوء أو أي طاقة أخرى، ومن ثم يمكن حثها على أطلاق ما إمتصته من طاقة على شكل جسيمات ضوئية. وعلى أثر ذلك وخلال الأعوام من ١٩٥٠م إلى ١٩٥٨م، اقترح كل من كارلس تاونس (C. Townes)، وآرثر شالوه (A. Schawlow) ـ من الولايات المتحدة الأمريكية ـ تكبير إشعاعات هذه الجسيمات الضوئية بطريقة الأنبعاث الحثي، وقد صمما جهازاً لهذا الغرض، استخدما فيه مادة غاز النشادر للحصول على أول شعاع في مدى الموجات الدقيقة من الطيف الكهرومغناطيسي.

عرف هذا الجهاز آنذاك باسم الميزر (Maser)، وهي لفظة مشتقة من الحروف الأولى لعبارة:ـ

(Microwave Amplification by Stimulated emission of Radiation).

وتعني تضخم الموجات الدقيقة بواسطة الانبعاث المحفز للأشعة. ومن ناحية أخرى نجح **ثيدور ميمن** (T. Maiman) عام ١٩٦٠م، في استعمال مادة الياقوت الصناعي لإنتاج حزمة من شعاع الطيف المرئي يبعث شعاعاً فريداً من نوعه قرمزي اللون، وقد عرف الجهاز المنتج لهذا الشعاع بياقوت الليزر (RubyLaser). حيث تم اشتقاق لفظة (LASER) من الحروف الأولى للعبارة:ـ

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

وتعني التكبير الضوئي بواسطة الانبعاث المحفز للأشعة.

ومنذ ذلك الوقت احتل هذا الاكتشاف مكانة علمية فائقة أدت إلى استخدامه في كثير من التطبيقات منها مجال فيزياء الليزر الحيوية، حيث شهدت بداية الثمانينيات تغيرات في طبيعة بحوث الليزر الحيوية الطبية، وازداد الاهتمام بكيفية التعامل مع ميكانيكية تفاعل الليزر مع الأنسجة، مما جعله يلعب دوراً هاماً في التطبيقات الحيوية والطبية، فقد أسهمت الأجهزة البصرية الحديثة وأساليبها ـ بشكل كبير ـ في البحوث والاكتشافات الأساسية في علوم الحياة والطب وتطبيقاتها، حيث تَعدّتْ ـ وبمراحل ـ إمكانات الأجهزة التقليدية والأساليب المجهرية المعروفة. وقد أضحت القدرة على اكتشاف المعالجات الحيوية تعتمد على التقدم الذي يحدث في تقنية الليزر والكواشف الإلكترونية الحساسة والتحسينات في المعدات البصرية ومعالجة الصور والبرامج الخاصة بها.

وقد أصبح الليزر الآن أداة تقليدية يُستخدم في العديد من التطبيقات الطبية إضافة إلى تشخيص وعلاج مواقع عديدة داخل الجسم مثل القولون والقلب وتفتيت حصوات الكبد ... إلخ.

وقد انتشرت استخدامات الليزر في الفيزياء الحيوية والطب بشكل كبير، ولاتزال في نمو متزايد، ويشهد على ذلك تضاعف مبيعات أنظمة الليزر الطبية منذ عام ١٩٩٢م حتى عام ١٩٩٨م، جدول (١).

يستعرض هذا المقال تفاعل الليزر مع الخلايا الحيوية وبعض تطبيقاته الطبية.

خصائص شعاع الليزر

يختلف ضوء الليزر عن المصادر الضوئية الأخرى بخواص فريدة من أهمها:ـ

١ـ انبعاثه في شكل حزمة ضيقة متماسكة لها زاوية تفرق (تشتت) محدودة للغاية (تقترب من الصفر لمعظم أنواعه)، وذلك بعكس الضوء العادي الذي ينبعث في جميع الاتجاهات.

٢ـ له طاقة عالية ـ ذات تردد عال ـ وثابتة بالنسبة لوحدة المساحة التي يسقط عليها ولمسافة بعيدة، وذلك عكس طاقة الضوء العادي التي تقل مع المسافة.

الليزر والأنسجة الحية

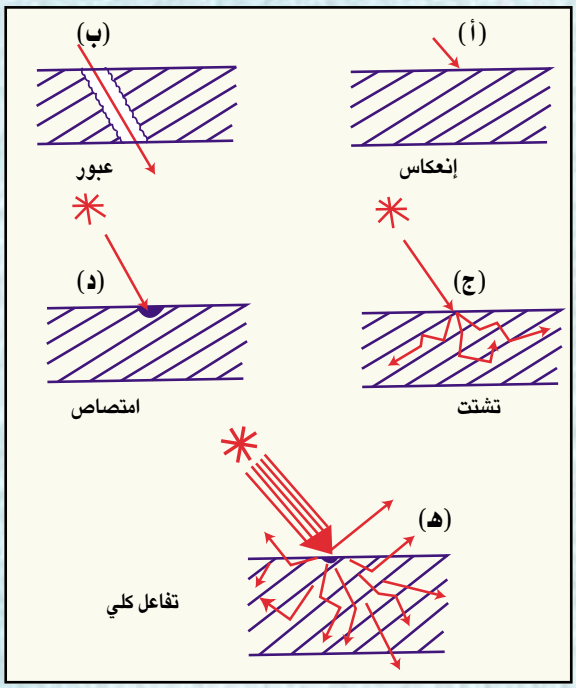
يعد شعاع الليزر حزمة كهرومغناطيسية ينتشر في اتجاه واحد حاملاً طاقة ضوئية تختلف كميتها باختلاف مصدره وزمن تعرض الأنسجة الحية له، حيث تعتمد نتائج تأثير شعاع الليزر على تركيب المنطقة الحيوية المُسلطْ عليها شعاع الليزر والطول الموجي، كما يُعطي كل نوع من أنواع الليزرات تأثيرات بيولوجية مختلفة، وبالتالي فإن كل نوع من أجهزة الليزر مفيد لتطبيقات حيوية مختلفة، وعليه يتطلب استخدام الليزر لعلاج الأنسجة الحيوية معرفة بالخصائص الفيزيائية للخلايا الحيوية تحت العلاج ونوع الليزر الملائم لهذا التطبيق.

● الخصائص الفيزيائية للخلايا الحيوية

تشمل هذه الخصائص المطلوبة معرفة معاملات امتصاص وتشتيت الخلايا الحيوية لليزر عند طول موجي محدد، وتحديد مقدار شدة الليزر على الخلايا وزمن التعريض، إضافة إلى معرفة حجم المنطقة الخلوية المعرضة لشعاع الليزر، ونوع الخلايا، وكيفية توزيع الصبغات (Pigments). كما يجب معرفة بعض الخصائص الفيزيائية مثل التوصيلية الحرارية (Thermal Conductivity) وانتشار شعاع الليزر في الخلايا والتحويل بالمركبات التبريدية مثل جريان الدم.

● خصائص الليزر المستخدم

من الضروري معرفة نوع شعاع الليزر المستخدم هل هو مستمر (cw) أو على شكل نبضات (Pulsed) وكمية الطاقة الصادرة وشدتها وطولها الموجي إضافة إلى مقاس بقعة الليزر.



● شكل (١) أنواع تفاعل شعاع الليزر مع الخلايا.

● أنواع التفاعلات

يمكن وصف طبيعة تفاعل جميع أنواع الليزرات مع الأنسجة الحيوية بالتالي:ـ

* **الانعكاس**: وينعدم تأثيره إذا انعكس بالكامل من سطح الخلية، حيث لا يوجد امتصاص للطاقة، شكل (١ـ أ).
* **العبور**: وينعدم كذلك تأثيره طالما أن جميع شعاع الليزر يخترق أو يعبر من خلال الأنسجة الحيوية من غير حدوث امتصاص أو تشتت، شكل (١ـ ب).
* **التشتت**: وله تأثير ضعيف داخل الخلايا الحيوية بسبب تعرض حجم كبير منها لهذا الشعاع، شكل (١ـ ج).
* **الامتصاص**: وينجم عنه أثر كبير بسبب الحجم الصغير من الخلايا الحيوية المعرضة مباشرة لشعاع الليزر المُسلط. ويتم التأثير على هذه الخلايا فقط، شكل (١ـ د).
* **التفاعل الكلي**: وفيه ينعكس ٥٪ من

الليزر	الطول الموجي (نانومتر)	الهدف	التطبيقات
إكزامر	١٩٣	بروتين النسيج	تصحيح النظر.
أرجون	٥١٤,٤٨٨	هيموجلوبين	التمييع بالضوء للشبكية.
ياك(٥٣٢مم)	٥٣٢	هيموجلوبين صبغات الوشم	قطع الأنسجة.
الصبغات	٥٧٧	هيموجلوبين	إزالة أمراض الأوعية.
الدايود	٦٥٠ – ٦٩٠	المحسسات الضوئية	العلاج بالديناميكية الضوئية.
الياقوت	٦٩٤	المحسسات الضوئية	إزالة الوشم.
ياك (١٠٦٤نانومتر)	١٠٦٤	الماء	القطع، والتمييع، وإزالة الوشم، وتطبيقات جراحية عديدة.
ياك الإربيوم	٢٩٤٠	الماء	تجميل الجلد بإعادة تشكيل سطح الأنسجة.
ثاني أكسيد الكربون	١٠٦٠٠	الماء	قطع الأنسجة، والجراحة، والتمييع، وإعادة تشكيل سطح الأنسجة.

● جدول (١) الليزرات الطبية المتداولة بكثرة وبعض تطبيقاتها.

شعاع الليزر عند سطح الخلية بينما يخترق الباقي لينعكس جزءٌ منه داخل الخلية ويمتص جزءٌ أخر، كما هو موضح في شكل (١ـ هـ).

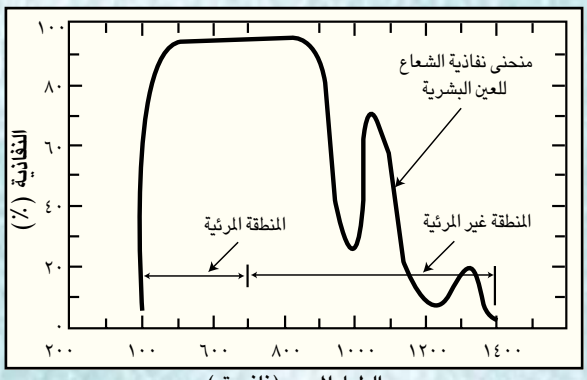
مما سبق ذكره يتضح أن الامتصاص والتشتت أهم التأثيرات، وقد يكون تأثير الامتصاص أكبر، وقد يكون تأثير التشتت أكبر، أو قد يكونان متساويان. فضلاً عن ذلك فإن أغلب الخلايا الحيوية لها خصائص ضوئية مثل معاملات الإنكسار والتشتت والامتصاص، وهذه تعطي تشتت أمامي قوي. كما توضح بيانات التشتت والامتصاص لطبقات الجلد في حالات كثيرة أنه أكثر أهمية من الامتصاص.

● الماصات الضوئية

تختلف الماصات الضوئية (Optical Absorbers) في الخلايا الحيوية باختلاف الأطوال الموجية، حيث يحدث أغلب امتصاص لأشعة الليزر في البروتين والحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) عند نطاق الموجات فوق البنفسجية من ٢٠٠ إلى ٣٥٠ نانومتر بينما يكون أغلب امتصاص لأشعة الليزر بالمنطقة المرئية في الأوكسي هيموجلوبين والميلانين. أما عند استخدام ليزر له طول موجي أكبر من ٢٠٠٠ نانومتر فإن الماء ـ المكون لأغلب الخلايا الحية ـ يعد الماص الرئيسي.

ومن أمثلة ذلك يشكل نطاق الأطوال الموجية من ٥٠٠ إلى ١٣٠٠ نانو متر نافذة لامتصاص منخفض وكلها تمثل مدخل مهم لما يسمى بالعلاج بديناميكية الضوء (PhotodynamicTherapies)، حيث يتم القضاء الانتقائي على الخلايا السرطانية عند دمجه مع العقاقير الحساسة لضوئه (Photosensetizer) مثل مشتقة الهيماتو فبرفرن (Hematophprphrin Deravative - HPD).

كذلك عند تسليط ضوء ليزر في الأطوال الموجية من ٤٠٠ إلى ١٤٠٠ نانومتر على العين فإنه يجعل القرنية وعدسة العين تمنعان الأشعة فوق البنفسجية، بينما يتم امتصاص الضوء المرئي وجزء من الأشعة تحت الحمراء في الشبكية، أما الأشعة التي لها طول موجي أطول من ١٤٠٠ نانو متر فتمتص بواسطة الماء الموجود بخلايا العين. ويبين (٢) منحنى الأشعة للعين البشرية للموجات ضمن المنطقة فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء.



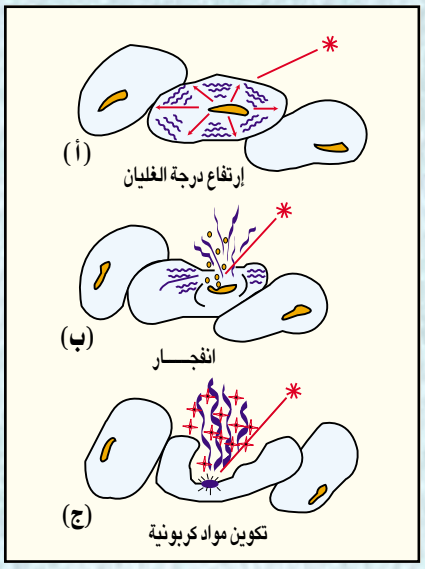
● شكل (٢) منحنى نفاذية الأشعة للعين البشرية للموجات ضمن المنطقة فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء.

تأثيرات أشعة الليزر

أشعة الليزر عبارة عن موجات كهرو مغناطيسية، ولذا فإن فوتوناتها تحمل طاقة، وبالتالي يمكن حساب مقدار امتصاص الخلايا وإلكترونات الجزيئات الحيوية لطاقة هذه الفوتونات. وتنحصر التأثيرات الرئيسة لأشعة الليزر فيما يلي:

● التأثير الحراري

ينجم عن التأثير الحراري ـ الصادر عن أشعة الليزر ـ على الخلايا الحيوية تميع أنسجتها نتيجة لارتفاع درجة حرارتها بحوالي عشر أو عشرين درجة مئوية،



● شكل (٣) تأثير الليزر على الخلية

وتعتمد نسبة زيادة الحرارة على موقع الخلايا الحيوية بالإضافة إلى درجة الامتصاص لهذه الخلايا عند طول موجي معين، مما يؤدي إلى ما يسمى بالتخثير الضوئي (Photocoagulation) للخلية، حيث يستخدم تأثير التخثر بأشعة الليزر في جراحة تلحيم شبكية العين.

وهناك آلية التبخير الضوئي (Photovaporization)، وهي عبارة عن انتقال سريع للحرارة من حزمة الليزر إلى الخلية، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة ماء الخلية إلى ١٠٠م°، فينتج عن ذلك تبخره، وبالتالي ارتفاع الضغط داخل الخلية فتنفجر وتتحطم بالكامل وتنتشر شظاياها (Derbis) على هيئة بخار، كما في شكل (٣).

● التأثير الضوء ـ كيميائي

يحدث التفاعل الكيميائي بين أشعة الليزر والأنسجة الحية عند استخدام شعاع ليزر له طاقة عالية، مثل أشعة الليزر فوق البنفسجية، والتي تتميز بأنها ذات كفاءة عالية لإنتاج تفاعلات ضوء ـ كيميائية أكثر من تأثير أشعة الليزر في المنطقة المرئية وتحت الحمراء.

وحيث أن التأثير الضوء كيميائي على الأنسجة بواسطة أشعة الليزر ـ يتم استخدامها مع بعض العقاقير الحساسة للضوء (Photosenstizers) ـ لتشخيص وعلاج أنواع معينة من السرطانات فإن استخدام هذه العقاقير ينتج عدة تأثيرات على الأنسجة الحية القادرة على نقل الضوء إلى جزئيات نسيجية غير قادرة على امتصاص الضوء. ونظراً لأن مشتقات الهيماتوفبرفرن (HPD) قادرة على الاستقرار في ميلانين الأنسجة، وبالتالي فإن الأنسجة التي تحتوي عليهما سوف يحدث لها تفلور (Fluorescence) ـ إحداث ومضة ـ عندما تتعرض لأشعة ليزر في المنطقة المرئية أو فوق البنفسجية.

ولعلاج السرطان، يتم حقن المنطقة المصابة بأحد مشتقات الهيماتوفبرفرن واستخدام ليزر بطول موجي ٦٣٠ نانو متر مع وجود جزيئات الأكسجين (O_2) فيؤدي ذلك إلى تولد أكسجين أحادي ($^1O_2^*$) وإثارة مادة الهيماتوفبرفرن، وهذا يؤدي بالتالي إلى ظهور خلية سامة (مؤكسدة)، حسب العلاقة التفاعلية التالية:

$$P^* + O_2 \longrightarrow P + {}^1O_2^*$$

$$^1O_2^* + \text{خلية سرطانية} \longrightarrow \text{خلية مؤكسدة}$$

وهناك أنواع أخرى من المواد الحساسة للضوء (Photosensitizers) مثل الصبغات الماصة (Absorbing Dyes) حيث يمكن اختيار نوع مناسب ـ من هذه الصبغات ـ لكل نوع من أنواع الخلايا السرطانية ليتم امتصاصها بواسطة الخلايا السرطانية فقط دون التأثير على الخلايا السليمة.

تنتقل أغلب الطاقة الضوئية المُمتصة بواسطة تصادم جزيئات الأكسجين في الخلايا، وبالتالي ينتج عن انتقال هذه الطاقة تشكيل الأكسجين الأحادي الذي له القدرة

● استخدام الليزر في العلاج الطبيعي.

على قتل الخلايا السرطانية، وعموماً تعد الصبغات ذات كفاءة منخفضة للفلورة.

الاستخدامات الطبية لليزر

أصبح الفيزيائيون والجراحون هذه الأيام قادرين على توظيف الليزر في الكثير من المهام الطبية بكفاءة ودقة عالية. وتعتمد المفاهيم الأساسية على مميزات الليزر بالإضافة إلى الطبيعة التركيبية للأنسجة وخصائصها الضوئية والحرارية، وهناك فوائد كثيرة للمرضى عند استخدام الليزر في العلاج منها:

١ـ احتمالية الاستخدام في مناطق صعبة الوصول.

٢ـ فقدان قليل للدم.

٣ـ انخفاض نسبة الشعور بالألم أثناء وبعد العملية وسرعة شفاء المريض (بإذن الله).

٤ـ انخفاض الضرر للخلايا الحية المحيطة بالأنسجة.

٥ـ الدقة في علاج المنطقة المصابة.

٦ـ ليس هناك ضرر للمورثات أو تولد سرطان.

٧ـ تكلفة منخفضة للعلاج.

ويمكن استعراض بعض الليزرات الطبية وتطبيقاتها فيما يلي:ـ

● ليزر إلياك

يعد ليزر إلياك (ND: YAG Laser) أحد أنواع الليزرات الصلبة، ويعمل بنفس أسلوب ليزر الياقوت وأنواع الليزرات الصلبة الأخرى. وتعني الأحرف (ND: YAG) اختصار للمواد المكونة للوسط المنتج لشعاع الليزر وهي: نيوديميم ـ إيتريوم ـ ألمنيوم ـ جارنيت (Neodymium Yttrium Aliminum Garnet).

يتم الحصول من ليزرات إلياك على أشعة مستمرة وعلى شكل نبضات أيضاً، وتُستخدم في كثير من التطبيقات الصناعية والعسكرية والطبية. يبلغ الطول الموجي لشعاع ليزر إلياك ١٠٦٤ نانو متر، وله امتصاص ضعيف في الدم والماء.

تُستخدم خاصية اختراق وتشتت شعاع ليزر إلياك للأنسجة الحية وعبوره من خلال السوائل الشفافة في علاج التجاويف المائية مثل الكلية، كما يُستخدم في علاج باطنة الرحم باستخدام ليف بصري عن طريق هيستروسكوب (Hystroscope) يوصل شعاع الليزر إلى الرحم. كما يستخدم في علاج بعض أمراض العيون مثل الجلاكوما وتخثر الأوعية. كما يستخدم في عمليات التجميل مثل إزالة الشعر غير المرغوب فيه.

● جهاز ليزر الياك.

● ليزر ثاني أكسيد الكربون

يعد ليزر ثاني أكسيد الكربون (CO_2: Laser) أحد ليزرات القدرة العالية، يعمل بأطوال موجية ١,٦ ميكرو متر و٩,٤ ميكرو متر.

● استخدام الليزر في عمليات التجميل .

ولليزر ثاني أكسيد الكربون أنواع منها ليزرات الاستثارة الطولية وليزرات الاستثارة المستعرضة وليزرات الحركية الغازية، وتصل قدرات هذه الليزرات إلى ٥٠ واط، وتزود أجهزتها بقطع يدوية وألياف بصرية وأذرعة متحركة.

تمتص الأطوال الموجية لليزرات ثاني أكسيد الكربون بشدة في الماء، الذي يكوّن من ٧٠٪ إلى ٩٠٪ من تركيب النسيج الحيوي بمعامل امتصاص كبير نسبياً. وعليه فإن أغلب الطاقة المُسلطة تمتص محدثة اختراق ذو عمق صغير جداً (٠,٠١ مم) مع حدوث ضرر بسيط للأنسجة عبارة عن منطقة تميع صغيرة جداً، فجعلت منه هذه الميزة جهازاً جراحياً دقيقاً. إضافة إلى استخدامات أخرى في مجال الطب مثل عملية قطع أو استئصال الأجزاء المصابة لتميزه بالقطع الدقيق تاركاً مناطق جافة غير دموية وبالعمق الذي يرغب به الطبيب المعالج عن طريق التحكم في شدة الشعاع المسلط وزمنه.

يتم انجاز عملية التبخير للأنسجة بتركيز أشعة الليزر على سطح الخلية أو أمامها أو خلفها حسب القدرة المحسوبة لإنجاز المهمة،شكل (٤. أ، ب). إضافة إلى ذلك فإن ليزر ثاني أكسيد الكربون يستخدم في التلحيم الدقيق للأوردة والأعصاب فيما يسمى بتقنية الجراحة الدقيقة(Microsurgery).

وبصفة عامة فإن لليزر ثاني أكسيد الكربون تطبيقات واسعة في الطب، حيث تشمل تطبيقاته أغلب فروع الطب مثل علم أمراض النساء وطب الأذن والأنف والحنجرة وطب العيون والجراحة التقويمية وجراحة الأعصاب. كما أن له استخدامات واسعة في معالجة المواد مثل القطع والتلحيم والتخريم.

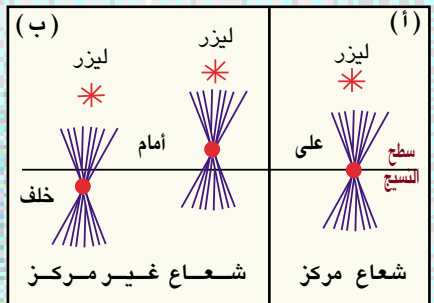
● جهاز ليزر طبي مع ملحقاته.

يستخدم ليزر أشباه الموصلات في المجال الطبي في عدة حالات منها إزالة الشعر غير المرغوب به نهائياً، وإزالة البقع الجلدية عن طريق جهاز محدد لهذا الغرض. كما يستفاد من ليزر أشباه الموصلات في تطبيقات كثيرة، وتتركز تلك التطبيقات على الاتصالات وكناقلات بصرية خلال الألياف البصرية وإسطوانات الليزر المدمجة ومستشعرات ضوئية وأجهزة الليدار- أجهزة تستخدم في استشعار تراكيز ونوعيات الملوثات عن بعد - وفي تحديد المسافات بالليزر وبعض التطبيقات العسكرية.

● ليزر أشباه الموصلات

ليزر أشباه الموصلات (Semiconductor Laser) عبارة عن ليزر صغير الحجم - يصل أحياناً إلى أقل من ميليمتر - ويعمل بأطوال موجية تمتد من المنطقة المرئية في اللون الأزرق إلى المنطقة تحت الحمراء البعيدة، ويعتمد نطاق الأطوال الموجية لكل ليزر على نوعية مواد الوسط الليزري. وتعمل ليزرات أشباه الموصلات - عادة - على شكل شعاع مستمر (CW)، أو على شكل نبضات.

تمتاز ليزرات أشباه الموصلات بإمكانية اختيار نطاق عريض من الأطوال الموجية، وتغيير عرض نبضات الليزر، وإمكانية توصيل النظام بألياف بصرية، وسهولة الانتقال.



● شكل (٤) تركيز حزمة الليزر في بقعة صغيرة على النسيج (أ)، وفي بقعة صغيرة أمام أو خلف النسيج (ب) .

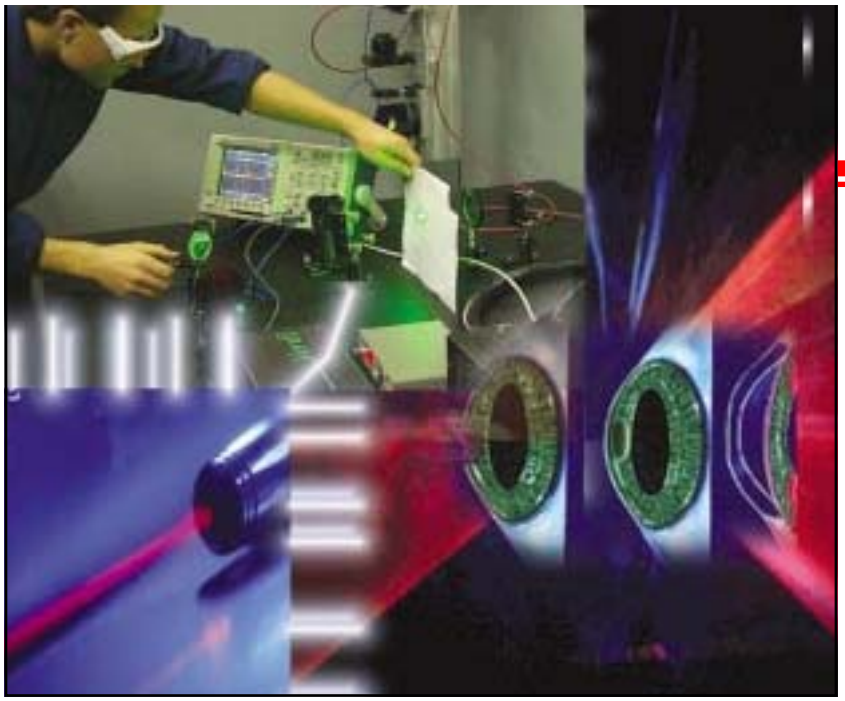
المراجع

1- **I. Arons,** "Medical Laser Market Hits New High" Med Laser Rep. 11:1-2,1997.

٢- **عطية بن علي الغامدي**، «كيف يعمل الليزر» في كيف تعمل الأشياء بمجلة العلوم والتقنية، ١١ مقالة، الرياض منشورات مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

3- **A. Carmen and M.D. Puliqfito**, Laser Surgery and Medicinc: Principles and Practice; A John Wiley&Sons, INC Publication, New York, 1996.

٤- **عطية بن علي الغامدي** «أجهزة الليزر: ليزر أشباه الموصلات»، مجلة مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، العدد السادس والأربعون، صفحة: ٥٢ – ٥٣، ١٤١٩هـ.



مخاطر أشعة الليزر

أ.د. محمد فاروق أحمد

منذ اكتشاف أشعة الليزر في منتصف القرن العشرين والعلماء يسعون دون هوادة للاستفادة من مزاياها في كافة المجالات. وخلال العقود الثلاثة الأخيرة من نفس القرن وجدت حزم أشعة الليزر تطبيقات مفيدة ومتشعبة في مجالات الطب والجراحة وطب العيون والصناعة والتحكم الآلي والاتصالات والكيمياء وغيرها من المجالات المدنية والعسكرية.

ورغم المنافع المتعددة لحزم أشعة الليزر في المجالات التطبيقية المتنوعة إلا أنها تشكل بعض المخاطر على متداولي الأجهزة التي تصدرها عند عدم الالتزام بمعايير التداول والاستخدام الآمن لهذه الأجهزة ، خاصة عندما تتجاوز قدراتها حدوداً معينة .

وفي الوقت الحالي يتم إنتاج أنواع مختلفة من أجهزة انبعاث الحزم الليزرية يعمل بعضها بنظام الحزم المستمرة (أي المتواصلة) ، ويعمل البعض الآخر بنظام النبضات الليزرية المتقطعة. كذلك تتوفر أجهزة تغطي ثلاث شرائح مختلفة من شرائح الموجات الكهرومغناطيسية. فهناك أجهزة تصدر حزماً بخطوط طيفية تقع ضمن شريحة الضوء المرئي وأخرى تصدر حزماً بخطوط تقع ضمن شريحة الموجات الحرارية (أي الأشعة تحت الحمراء) وثالثة تصدر حزم ليزر عالية الطاقة نسبياً بخطوط طيفية تقع في نطاق شريحة الأشعة فوق البنفسجية. وقد وجدت جميع هذه الحزم تطبيقات واسعة في شتى المجالات.

ولن يتعرض هذا المقال للتطبيقات المتعددة والمفيدة لحزم أشعة الليزر حيث أفرد لها مقال منفصل ، وإنما سَيُكْتَفَى هنا بتناول أهم التأثيرات البيولوجية الضارة لهذه الحزم عند تعرض الأنسجة البشرية لها، كما سيناقش المقال مدى الحاجة لاستصدار تعليمات وطنية تنظم عمليات تداول واستخدام أجهزة الليزر استخداماً آمناً للاستفادة القصوى من مزاياها ومنافعها مع الحرص على الوقاية من المخاطر والأضرار المترتبة على الاستخدام غير الآمن عند حدوده الدنيا.

خصائص أشعة الليزر

تتكون كلمة ليزر (Laser) من الحروف الأولى لخمس كلمات انجليزية تعني «تضخيم الضوء بالانبعاث المستحث بالاشعاع» . وتعود التطبيقات لحزم أشعة الليزر لعدد من الخصائص الفيزيائية لهذه الحزم، وهي:

- **حزمة وحيدة اللون**

تعني هذه الخاصية لأشعة الليزر أن جميع الموجات الكهرمغناطيسية (المسماة بالفوتونات) المنطلقة ضمن الحزمة تتخذ نفس الطول الموجي (أي نفس التردد)، وبالتالي فإن كل موجة في الحزمة تحمل نفس مقدار الطاقة الكهرمغناطيسية.

- **وحدة الطور**

يكون لجميع موجات حزمة الليزر في الموضع المحدد على خط انتشارها نفس الطور، كما أن طور جميع الموجات في الحزمة يتغير بنفس الأسلوب والمقدار مع انتقالها على المستقيم الذي تنتشر عبره. وبلغة أبسط فإن هذا يعني أن جميع موجات الحزمة تصل إلى السعة القصوى للمركبة الكهربائية أو المغناطيسية في نفس اللحظة وعند نفس النقطة من خط الانتشار، ثم تتناقص السعة بنفس الأسلوب والمعدل إلى أن تصبح مساوية للصفر في نفس اللحظة والنقطة لجميع موجات الحزمة، وتستمر في التناقص إلى أن تصل السعة إلى أقصى قيمة سالبة في نفس اللحظة وعند نقطة محددة من المسار، ثم تعود جميع موجات الحزمة في التزايد من حيث السعة إلى أن تصل من جديد للسعة القصوى في نفس الوقت والموضع الجديد. ويترتب على هذا التطاور (أو وحدة الطور) في الموجات المختلفة التي تتكون منها حزمة الليزر تمتع هذه الحزمة بخاصيتين هامتين دعمتا استخدامها في شتى المجالات التطبيقية وهما:

١- زاوية تفرق (تشتت) محدودة للغاية لحزمة أشعة الليزر تكاد تقترب من الصفر لمعظم الأجهزة المصدرة لهذه الاشعة ، بحيث يمكن القول أن جميع موجات الحزمة تنطلق من مصدرها متوازية تماماً وتكون مساحة المقطع العمودي لحزمة أشعة الليزر عند مخرج الجهاز الذي يولدها مساوية لمساحة مقطعها على امتداد انتشار الحزمة حتى لو استمر هذا الامتداد

لمئات الكيلو مترات، بخلاف الضوء المرئي العادي الذي ينتشر من مصدر انطلاقه في جميع الاتجاهات.

٢- التركيز المكثف لطاقة حزمة الليزر بالنسبة لوحدة المساحة من مقطع الحزمة بحيث يمكن الحصول على حزم ليزر شديدة التركيز من حيث تدفق الطاقة (أي الطاقة الواقعة على وحدة المساحة من مقطع الحزمة). ونظراً لقرب زاوية تفرق الحزمة من الصفر يظل تركيز طاقة الحزمة على وحدة المساحة ثابتاً حتى بعد وصول الحزمة لمسافات بعيدة تصل إلى عشرات بل ومئات الكيلو مترات.

التأثيرات البيولوجية لأشعة الليزر

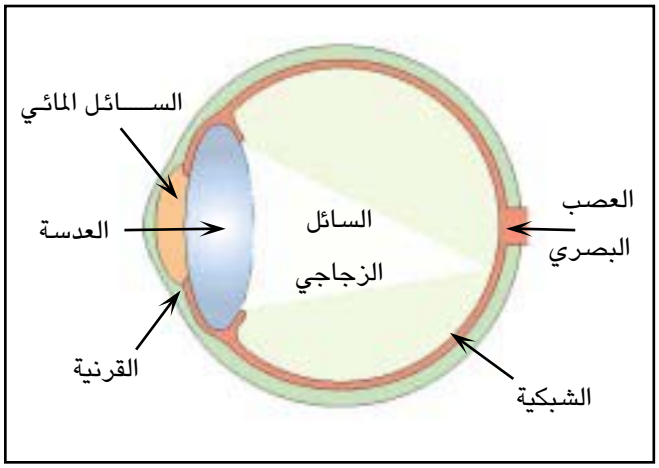
أكدت التجارب العلمية أن للموجات الكهرومغناطيسية التي تغطي شرائح الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء تأثيرات بيولوجية ضارة عند امتصاص الأنسجة البشرية بشكل خاص وكافة الأنسجة الحية بشكل عام بقدر كبير من طاقتها، وتأتي أنسجة الجلد والعين البشرية في المقام الأول من حيث تأثرها بحزم أشعة الليزر. وقد أكدت التجارب العلمية أن لأشعة الليزر تأثيرات بيولوجية شديدة الضرر على هذين العضوين عندما تتجاوز الجرعات الممتصة في أي منهما حدوداً معينة.

ويحدث التلف في العين البشرية أو الجلد عند سقوط حزم الليزر عليهما نتيجة لعمليات فيزيائية محددة تنتقل خلالها الطاقة من حزمة الأشعة إلى العضو المتعرض. ويمكن أن يؤدي انتقال طاقة حزمة الليزر إلى العضو المتعرض إلى أي من العمليات الثلاث التالية مرتبة وفقاً لدرجة إسهامها في إحداث الضرر بالعضو بدءًا من الإسهام الأكبر.

١- رفع درجة حرارة الخلايا التي تمتص طاقة الحزمة إلى حد يؤدي إلى موت الخلايا وحدوث تلف في العضو.

٢- إحداث تفاعلات كيميائية بفعل الضوء الممتص في بعض مكونات الخلايا.

٣- إمكانية تأيين بعض ذرات الخلايا المتعرضة لحزمة الليزر - عالية الطاقة - التي تقع خطوطها الطيفية ضمن شريحة الأشعة فوق البنفسجية رغم أن مثل هذه الأجهزة التي تصدر أشعة فوق بنفسجية عالية الطاقة غير متداولة كثيراً ويقتصر استخدامها على تطبيقات معينة وتتخذ بشأنها احتياطات كبيرة لحماية العاملين بها.



● شكل (١) بنية العين وأهم النظم البصرية فيها.

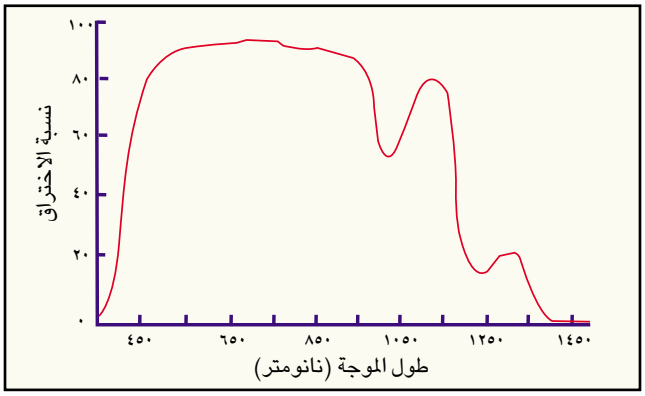
وعموماً يعتمد التلف الواقع في النسيج أو العضو البشري لهذه العمليات الثلاث على كل من: طول موجة حزمة الليزر، ونوع النسيج أو العضو المتعرض، و المعدل الزمني لانتقال الطاقة إلى هذا العضو، ومعدل تبدد الطاقة الحرارية منه.

● التأثيرات على العين

تمثل العين البشرية العضو الأكثر تأثراً بأشعة الليزر. ولفهم كيفية حدوث التلف في العين عند سقوط حزمة الليزر عليها ينبغي معرفة تركيب العين ومسار حزمة الأشعة فيها والأنسجة الأكثر تعرضا للتلف تبعاً للطول الموجي للحزمة الساقطة. فعند سقوط أشعة الليزر على قرنية العين، شكل (١)، تقوم القرنية بتجميع (أي بتركيز) حزمة الليزر التي تمر عبر كل من عدسة العين والسائل المائي الشفاف للعين والسائل الزجاجي حتى تسقط الحزمة في شكل نقطة صغيرة للغاية قرب الشبكية.

الجدير بالذكر أن عدسة العين عبارة عن نسيج شفاف وعائي مغلف بغلاف عضلي يتحكم في تكور سطحي العدسة حتى يمكن العدسة من تكييف الصورة على الشبكية. يعيق هذا الغلاف تبديد الطاقة الحرارية بالكفاءة المطلوبة عند امتصاصها في العدسة.

وتقوم عدسة العين بدورها بتكييف تركيز الحزمة بحيث تتكون الصورة أو النقطة الصغيرة على الشبكية. وأثناء مرور حزمة الليزر يمتص كل عضو من هذه الأعضاء جزءًا من طاقة الحزمة وتعتمد الطاقة الممتصة في كل عضو على الطول الموجي لحزمة الليزر. ويبين شكل (٢)، العلاقة بين نسبة الضوء الذي - ينفذ خلال القرنية والعدسة والسائل المائي والزجاجي للعين - يصل إلى الشبكية وبين الطول الموجي لهذا الضوء. ويتضح من هذا الشكل أن الأشعة فوق البنفسجية التي يقل طولها الموجي عن ٤٠٠ نانومتر تكاد لاتنفذ إلى الشبكية، وإنما



● شكل (٢) العلاقة بين نسبة الضوء النافذ للعين والطول الموجي.

تمتص في الأعضاء الأمامية للعين وهي القرنية والعدسة. أما الأشعة المرئية (التي تقع بين ٤٥٠و٧٥٠ نانومتر) وكذلك الأشعة تحت الحمراء القريبة ـ لايزيد طولها الموجي على ١٢٠٠ نانومتر ـ فإنها تنفذ إلى الشبكية دون حدوث امتصاص محسوس لطاقتها في الأعضاء الأخرى. وأما الأشعة تحت الحمراء التي يزيد طولها الموجي عن ١٢٠٠ نانومتر فيمتص الجزء الأكبر من طاقتها في الأعضاء الأمامية وخاصة القرنية والعدسة ولايصل إلى الشبكية سوى جزء يسير من طاقتها.

لذلك يمثل الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة ـ حتى حوالي ١٢٠٠نانومتر ـ أكبر المخاطر على الشبكية نظرا لانتقال النسبة الأعظم من طاقة هذا الضوء إلى الشبكية. أما بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء البعيدة ـ يزيد طولها الموجي على ١٢٠٠نانومتر ـ فتسبب أكبر المخاطر على العدسة نظرا لامتصاصها معظم الطاقة .

* **تلف الشبكية**، وفي هذه الحالة يكون الضوء المرئي محدود التأثير على كل من القرنية والعدسة وشديد التأثير على الشبكية. وقد أوضحت التجارب العملية على بعض أنواع القرود ـ قريبة الخصائص البصرية مع الإنسان ـ أن تعرض العين لحزمة ليزر مرئي بمستوى تدفق للقدرة يبلغ حوالي ٣,١ مللي واط/سم٢ على الشبكية بواقع ثلاث ساعات يوميا ولمدة ٧ أيام يؤدي إلى إحداث حروق في الشبكية تنتهي بالعمى، في حين لاتتأثر العدسة كثيرا بمثل هذا التدفق.

ومن العوامل المؤدية إلى سرعة تلف الشبكية بفعل حزم الليزر المرئي وفي نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة أن كلا من القرنية والعدسة يؤديان إلى تركيز الضوء الساقط بمعامل يزيد على مائة ضعف. حزمة الليزر المتوازية التي تدخل من حدقة العين ـ يتراوح قطرها مابين ٤,٥إلى ٢,٥مم نهاراً، وبين ٨ إلى ٢,٥مم ليلاً ـ يتم تركيزها لتصبح في حدود جزء أو عدة أجزاء عشرية قليلة من المللي متر (٠,١ إلى ٠,٣مم) على الشبكية. وهذا يعني أن طاقة الحزمة تتركز في بقعة صغيرة للغاية على الشبكية، ونظراً لعدم وجود أوعية دموية في الشبكية ذاتها حتى تتمكن الدماء التي تسري فيها من تبديد الحرارة المتراكمة في الشبكية. وإنما توجد الأوعية الدموية في منطقة المشيمية (Choroid) الموجودة خلف الشبكية والتي تعد مصدر التغذية ومنطقة تبادل نفايات التمثيل الغذائي لخلايا الشبكية. لذلك تتبدد الحرارة المتراكمة في الشبكية ببطء ، حيث تنتقل الحرارة من الشبكية إلى المشيمية أولاً ثم تتبدد من خلال سريان الدم في أوعيتها، وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الشبكية.

وتجدر الإشارة إلى أن إرتفاع درجة حرارة الشبكية إلى حوالي ٤٥°م ـ أعلى قليلاً من درجة حرارة الإنسان المصاب بالحمى ـ يمكن أن يؤدي إلى إحداث تلف دائم في الشبكية يؤدي إلى العمى. ويبين جدول (١)، القيم العتبية لتدفق طاقة أو قدرة حزمة الليزر التي لايجوز تعرض العين البشرية لها، أو لأية قيم تتجاوزها تلافياً لتلف الشبكية وحدوث العمى الدائم .

* **عتامة عدسة العين**، وتحدث عندما يزيد معدل الطاقة الممتصة في العدسة من حزمة الليزر عن ١٥ مللي واط/سم٢ ـ الحد المسموح لتبديد الطاقة دون اعاقة لايتجاوز ١٠ إلى١٥ مللي واط/سم٢ـ وعليه فإن درجة حرارة العدسة عندما ترتفع إلى درجة عالية نسبياً قد تسفر عن حدوث العتامة في العدسة. أي مايعرف بمرض عتامة العدسة أو الكتراكت أو المياه البيضاء.

نوع الليزر أو الضوء	طول الموجة (نانومتر)	امتداد النبضة (ميكرو ثانية)	مستوى العتبة
موجة مستمرة ليزر نبضي	ضوء أبيض ٦٩٤	– ٢٠٠	٦ واط/سم٢ ٠,٨٥ جول/سم٢

● جدول (١) القيم الموجية لأشعة الليزر التي لايجوز تعرض العين البشرية لها.

وفي الظروف الجوية الطبيعية فإن مخاطر الإصابة بمرض المياه البيضاء تزداد عندما ترتفع درجة حرارة العدسة إلى حوالي ٤٥°م . ويحدث مثل هذا الارتفاع للحرارة عند سقوط حزمة ليزر مرئي يصل تدفق القدرة لها إلى عدة مئات من المللي واط/سم٢ .

وتجدر الإشارة إلى أن مرض المياه البيضاء الذي يصيب العدسة عند تراكم الطاقة من حزم الليزريحدث ـ غالباً ـ قرب السطح الخلفي لغلاف العدسة سواء كان الليزر من النوع المرئي أو فوق البنفسجي أو دون الأحمر. أما مرض المياه البيضاء الذي يحدث عن تقدم السن فغالباً مايحدث قرب السطح الأمامي لغلاف العدسة.

● التأثيرات على الجلد

عند سقوط أشعة الليزر بأنواعها المختلفة ـ المرئية وتحت الحمراء وفوق البنفسجية ـ يمتص الجزء الأكبر من طاقة الحزمة في الطبقة السطحية للجلد وتتحول الطاقة الممتصة إلى طاقة حرارية. ونظرا للتوصيلية الحرارية الرديئة للجلد بسبب افتقاره للأوعية الدموية ووجود طبقة دهنية عازلة تحته يكون تبدد الطاقة الحرارية المودعة في الجلد بطيئاً مما يؤدي إلى إرتفاع درجة الحرارة في الموضع المتعرض للحزمة إلى درجة عالية نسبياً. ويؤدي ارتفاع درجة حرارة الجلد إلى تبخر الماء المحدود الموجود في أنسجته وإلى فقد بروتين الجلد لخصائصه. وعند زيادة درجة الحرارة يمكن أن يحدث التهاب الجلد في الموقع المتعرض للحزمة، بل قد يتفحم.

وتعتمد درجة الضرر في الجلد المتعرض لحزم الليزر ـ بسبب ارتفاع درجة حرارته ـ على طول موجة الحزمة، ومدة التعرض، وكذلك على درجة التلون (أي الخضاب)، ويستعرض جدول (٢)، قيم الحد

الأدنى لتدفق طاقة حزمة الليزر على سطح ذراع شخص بالغ من العرق الأبيض، والتي يمكن أن تسبب تلف الجلد بالنسبة لبعض أنواع الليزر ولظروف مختلفة من التعرض.

● **الليزر والسرطان**

من النتائج العلمية المتوفرة حتى الآن أنه لاتوجد شواهد أكيدة للجزم بوجود علاقة بين التعرض لأشعة الليزر واحتمال استحثاث السرطان سواء بالنسبة لحزم الليزر في الشريحة المرئية أو تحت الحمراء في أي من العضوين المتأثرين بهذه الحزم وهما العين والجلد، وسواء عند التعرض لحزم الليزر بجرعات منخفضة وبطريقة مزمنة لفترات طويلة ، أو عند التعرض لجرعة حادة ـ عند انتقال كمية كبيرة من طاقة الحزمة ـ خلال فترة زمنية قصيرة. ومع ذلك فإنه ينبغي التروي في استخلاص النتائج واصدار الأحكام نظراً لأن ظهور السرطان المستحث بالعديد من العوامل كالأشعة المؤينة وغيرها لايقع سوى بعد فترات طويلة من الزمن قد تزيد على عشرين عاما. فضلا عن ذلك فإنه يستحيل فصل السرطانات المستحثة لأسباب مختلفة عن بعضها البعض أو عن تلك المستحثة طبيعيا والتي تمثل حوالي ٢٠٪ من أسباب الوفيات ،وتتضمن تراوحات إحصائية كبيرة يصعب في وجودها الخروج باستخلاص ونتيجة مؤكدة.

أما بالنسبة لأجهزة الليزر التي تصدر حزماً بتردد يقع في شريحة الأشعة فوق البنفسجية، فإنه يجب تبيان أن البحوث العلمية قد أثبتت وجود علاقة بين السرطان والتعرض لكميات كبيرة من هذه الأشعة. فقد أوضحت الشواهد التجريبية أن شريحة الأشعة فوق البنفسجية التي تقع أطوال موجاتها بين ٢٩٠ إلى ٣٢٠ نانومتر هي من الإشعاعات التي تستحث السرطان في الجلد. لذلك فإنه يمكن القول أن أجهزة الليزر التي تصدر حزماً بأطوال موجية تقع ضمن هذا المدى تمثل مخاطر سرطانية ـ وإن كانت محدودة ـ على المتعرضين لها .

درء المخاطر والحاجة لمعايير وطنية

رغم تنوع تطبيقات حزم الليزر في العديد من المجالات وانتشار استخدام أجهزتها إلا أنه لم تحظ متطلبات الحماية من أخطارها بالاهتمام الواجب سواء من قبل مستخدمي أجهزة الليزر أو من عامة البشر. ومن المؤسف أن عدم الاهتمام بالمخاطر بلغ درجة كبيرة حتى بات من المألوف مشاهدة صبية وأطفال يلهون بأقلام الليزر، بل وقد يوجهونها إلى أعين أقرانهم الأمر الذي قد يؤدي إلى فقدهم نعمة البصر.

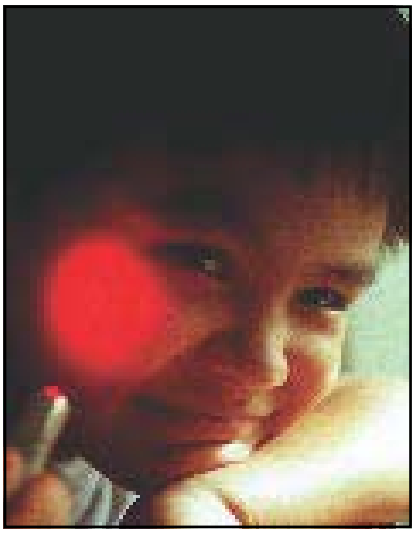
وللاستفادة الكاملة من خصائص حزم الليزر مع خفض مخاطرها للحد الأدنى ، عنيت الدول المتقدمة بوضع المعايير الوطنية، سواء بالنسبة للجهات المعنية بإنتاج الأجهزة المصدرة لحزم الليزر أو لمستخدميها. وإلى جانب إصدار التعلميات وتحديد متطلبات التداول الآمن حددت هذه الدول كيانات وطنية وكلفتها بمراقبة تطبيق المعايير والتعليمات الوطنية والالتزام بكافة متطلبات إنتاج واستخدام الأجهزة وتشغيلها حماية لمواطنيها.ففي الولايات المتحدة الأمريكية، على سبيل المثال ، تتحمل وكالتان وطنيتان مسؤولية تطبيق النظم والتعليمات الوطنية المعنية بالحماية من مخاطر حزم الليزر،وهما مكتب الصحة الإشعاعية التابع لإدارة الخدمات البشرية والصحية وإدارة الصحة والأمان المهني التابع لوزارة العمل .

وقد اعتمدت هاتان الهيئتان معايير وطنية أمريكية لإنتاج أجهزة الليزر والتعرض للحزم التي تنبعث منها. وقد قام المؤتمر الأمريكي الحكومي لعلماء الصحة والمعهد الوطني الامريكي للمعايير بتحديد الحدود القصوى المسموح بها للتعرض لحزم الليزر المباشرة أو للأشعة المتشتتة منها من جميع الأطوال الموجية والقدرات.

وفي عالمنا العربي ينبغي تسمية الجهات أو الهيئات التي تتولى مسؤوليات الحماية من مخاطر حزم الليزر ، وتكليف هذه الجهات بإعداد التعليمات الوطنية اللازمة للسيطرة على مخاطر أجهزة الليزر، ومراقبة إنفاذ هذه التعلميات، وتحديد المتطلبات التي ينبغي استيفاءها بالنسبة للمستخدمين من حيث التأهيل والتدريب، وتوسيم أجهزة الليزر، وتوفير المعدات الواقية للعيون والجلد، ومنع العبث وعدم الاكتراث الذي يرافق تداول هذه الأجهزة في بعض الأحيان .

نوع الليزر	طول الموجة (نانومتر)	مدة التعرض	مساحة التعرض (ملي متر)	الحد الأدنى لطاقة الحزمة جول / سم٢
ياقوت نبضي	٦٩٤	٠,٢ملي ثانية	٠,٢٤-٠,٣٤	١٤-٢٠
أرغون	٥٠٠	٦ ثواني	٩,٥	١٣-١٧
ثاني أكسيد الكربون	١٠٦٠	٤-٦ثواني	١٠٠	٤-٦

● جدول (٢) قيم الحد الأدنى لتدفق طاقة حزمة الليزر على سطح ذراع رجل أبيض.



● مخاطر أقلام الليزر على الأطفال.

يقول د. لي روجرز رئيس تحرير مجلة (علم أشعة رونتجن) التي يصدرها المجلس الأمريكي، "وُضِعَ التشخيص بالأشعة (التصوير بالإشعاع) في بداية الأمر في بدروم الطب من الناحيتين الجغرافية والعملية، وقد أعتبر شيئاً ثانوياً للتشخيص، وأما الآن فإن التصوير بالأشعة قد تبوأ مركز الصدارة في المستشفى، وأن من الاستحالة ممارسة الطب الحديث بدون التصوير بالأشعة».

أصبحت الأشعة السينية أحد أهم عناصر التشخيص الطبي في العصر الحديث، وقد تزايد الاعتماد عليها مع مرور الوقت بسبب التطور السريع والمضطرد لهذه التقنية، فمثلاً كان عدد المراجعين سنوياً لإجراء الفحوصات الإشعاعية في أمريكا عام ١٩٨٠م حوالي ١٨١ مليون شخص، وقفز إلى ٣٣٢ مليون شخص عام ١٩٩٠م، أي أن معدل الصور الإشعاعية قفز من ٠,٨١ صورة لكل فرد عام ١٩٨٠م، إلى ١,٣٣ صورة لكل فرد في عام ١٩٩٠م.

وباسترجاع الماضي يتضح أن **ويلهام رونتجن** قد اكتشفت الأشعة السينية عام ١٨٩٥م، ولإنه لم يكن يعرف كنه تلك الأشعة فقد سماها في البداية "شكل جديد من الضوء غير معروف النوع"، ولأنه لم يتمكن من معرفة نوعها، فقد سماها أشعة سينية (X-ray)، أي المجهولة، وبعد مضي عدة سنوات - عام ١٩٠١م - حصل **رونتجن** على أول جائزة نوبل في مجال الفيزياء لاكتشافه المذكور.

اتسم عام ١٨٩٦م بالتميز بجميع المقاييس بالنسبة إلى التصوير الإشعاعي، فقد قُدّم في هذه السنة وحدها مايقارب ١٠٤٤ بحثاً عن الأشعة السينية، كما أن الإنجازات والتطورات في هذا المجال الوليد فاقت جميع التصورات، ومازالت بعض تلك الإنجازات تستخدم إلى يومنا هذا.

التصوير بالأشعة السينية

بالرغم من التطور المذهل والسريع للتصوير بالأشعة خلال المائة عام الماضية، إلا أن المبدأ التي تعمل به لم يتغير منذ بداية استخدامها في مطلع القرن العشرين. فعند تشغيل مصدر الأشعة السينية، فإن الأشعة تخترق الجزء المراد تصويره، ومن ثم تصل إلى حافظة الفيلم (Film cassette)، التي تقع خلف أو تحت العضو المراد تصويره. ويصدر جهاز الأشعة السينية إشعاعاته بطاقات مختلفة تتفاوت شدة اختراقها لأعضاء جسم الإنسان المختلفة حسب صفات العضو المخترق، فعند إختراق الأشعة لليد مثلاً تمتص الأشعة بنسب مختلفة تعتمد على كثافة الأنسجة المراد تصويرها، فكثافة العظام تعد أكبر بكثير من الأنسجة، ولذلك فإنها تمتص الأشعة بشكل كبير، في حين أن الأنسجة الرخوة حول العظام تمتص أو تضعف الأشعة السينية بشكل أقل بكثير، ولذلك فإن إختلاف كمية الأشعة الممتصة والتفاوت في كمية الإشعاعات التي تخترق العضو وتقع على الفيلم هي التي تصنع الصور الواضحة لكسور العظام، والأنسجة السرطانية وغيرها.

وفي السنوات الأولى من عمر التصوير الإشعاعي، كان تصوير الرأس يأخذ أكثر من ١١ دقيقة من التعرض المستمر للإشعاع، ولكن نفس الصورة أصبحت تؤخذ في أجزاء صغيرة من الثانية في التصوير الجديد، إضافة إلى أن كمية الإشعاع قد نقصت إلى حوالي ٢٪ فقط عما كان عليه في فجر هذه التقنية، عليه فإن تقنيات التصوير الإشعاعي الحديث تطورت

● أنبوبة الأشعة السينية.

● جهاز التصوير الإشعاعي الفلوري مجهز بمضخم الصورة والشبكة التلفزيونية.

تطوراً مذهلاً وأصبحت تعطي صوراً أدق وأوضح وبأقل مايمكن من إشعاع ، وقد سمحت هذه التطورات بتشخيص أصغر التغيرات المرضية والتي كان من الصعوبة تشخيصها بالتقنيات القديمة، وكان من أهم تلك التطورات مايلي:

● الشاشة الفوسفورية

في بداية التصوير الإشعاعي كان يتطلب من الطبيب النظر مباشرة إلى الإشعاع أثناء التصوير مما يعرضه إلى مستويات عالية من الأشعاع تهدد حياته، تلا ذلك استخدام شاشة من الفلورسنت متصلة بمرايا خاصة لكي يتسنى للطبيب رؤية الصور الإشعاعية رؤية حية ، وفي عام ١٩٤٦م تم تطوير جهاز يحمل حافظة فيلم متغيرة تستطيع تصوير أفلام متتابعة (مثل الأفلام السينمائية)، بمعدل ١,٥ كاسيت في الثانية ، وبحلول عام ١٩٥٣م كانت هذه التقنية قد طُوّرت وأصبحت قادرة على التصوير بمعدل ستة أفلام في الثانية الواحدة.

● محلول التباين

استمر البحث والتطوير في مجال التصويو الإشعاعي فكان التطور الآخر استخدام محاليل التباين (Contrast Media) الصيدلانية للمساعدة في توضيح رؤية الأوعية الدموية والأمعاء الدقيقة بشكل أدق، وقد استخدمت هذه التقنية للمرة الأولى بين عامي ١٩٠٦-١٩١٢م، حيث سمحت - للمرة الأولى - للطبيب رؤية الأوعية الدموية ، والأمعاء الدقيقة ، وجدار المرارة .

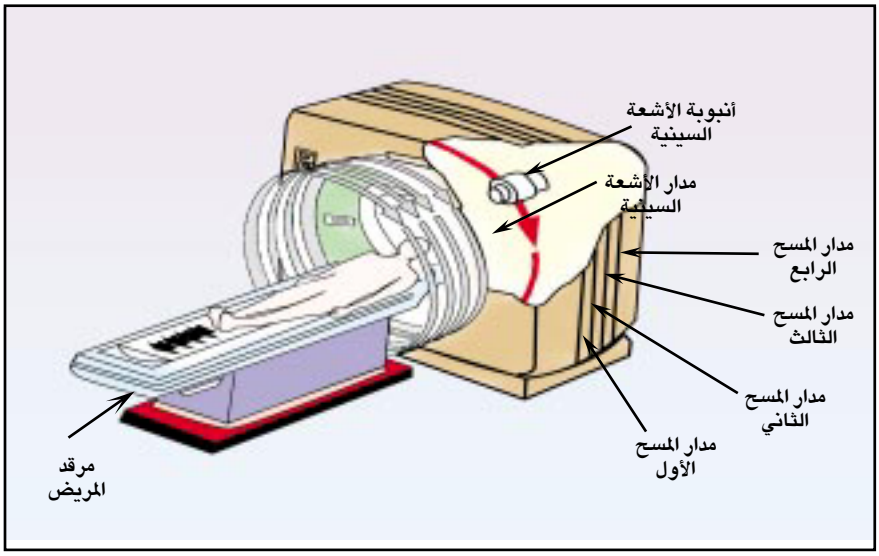
● مكثف الصورة

في عام ١٩٥٥م ، تم تطوير مضخم صورة الأشعة (Image Intensifier) الذي يستطيع التقاط وبث الأشعة السينية على شكل فيلم باستخدام كاميرا تليفزيونية وجهاز عرض ، وقد تطورت هذه التقنية بشكل سريع وقياسي فحلت - مكثف الصورة والشبكة التلفزيونية- محل التقنية الفلورسينية تماماً بحلول عام ١٩٦٠م ، وقد فتحت هذه التقنية الجديدة باباً لتخصص دقيق ألا وهو التصوير الأشعاعي للأوعية الدقيقة الذي أتاح تصوير الشعيرات الدموية والقلب بشكل عادي.

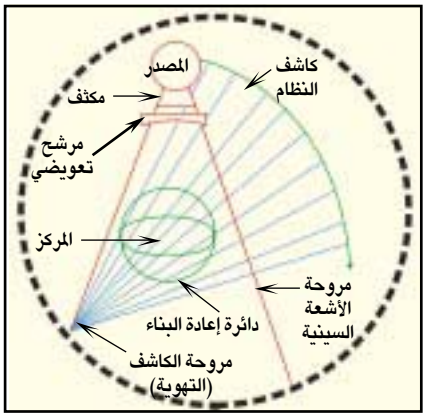
● المسح المقطعي بالحاسب الآلي

يعد اكتشاف المسح المقطعي بالحاسب (Computer Tomograhgy scan) في عام ١٩٧١م ، بواسطة الفيزيائي البريطاني **جودفاي هاونس فيلد** و بواسطة الفيزيائي الجنوب إفريقي **ماك لويد كومارك** في أمريكا عام ١٩٧٣م - حصلا بموجبه مناصفة على جائزة نوبل في الطب عام ١٩٧٩م - معادلاً تقريباً في تأثيره الطبي اكتشاف الأشعة السينية في عام ١٨٩٥م.

وقد استخدم **هاونس فيلد** في بداية الأمر أشعة جاما، ومن ثم الأشعة السينية وكاشف إشعاعي على استقامة واحدة، محمولين على هيكل يدور حول الهدف المراد تصويره، وعند التشغيل ترسل المعلومات الناتجة عن اختراق الأشعة للجسم إلى حاسب آلي لتحليلها ومن ثم تركيب الصورة من المعلومات المعطاة، وبذلك إستطاع **فيلد** أن يحصل على أول صورة مقطعية. وفي بداية الأمر كان أول جهاز صنع يأخذ ساعات لتجميع معلومات مقطع واحد ، ويأخذ أكثر من ٢٤ ساعة لتحليل وتجميع هذه المعلومات للمقطع الواحد. إلا أن هذه التقنية قد تطورت بشكل كبير في وقت قصير جداً، ففي عام ١٩٧٦م (أي بعد ٤ سنوات فقط)، ظهر الجيل الرابع من هذه الأجهزة الذي يتكون من جهاز تصوير طبقي مبرمج يدور فيه جهاز لمصدر الأشعة السينية ، بينما يتوزع ٦٢٠ كاشفاً إشعاعياً على قرص دائري كبير (فتحة الجهاز)، لاستقبال الإشعاع الساقط بعد مروره خلال الجسم المراد تصويره ، ويبلغ زمن المسح - أو التصوير- في هذه الأجهزة من ثانية واحدة إلى ثانيتين فقط .



● جهاز المسح المقطعي بالحاسب الآلي.



● الجيل الرابع من جهاز المسح المقطعي بالحاسب الآلي .

وتعمل هذه الأجهزة بحيث يمدد المريض على طاولة الفحص، وعند تشغيل الجهاز تتحرك الطاولة نحو فتحة الجهاز الذي يحتوي على مصدر الأشعة السينية والكواشف . يدور مصدر الأشعة ليصور الجزء المراد تصويره في مختلف الجهات علي شكل مقاطع تتراوح سماكة كل مقطع بين ١ملم إلى ١٠ملم ، ومن ثم ترسل المعلومات إلى حاسب آلي ليحللها ويعيد تركيب كل مقطع ليعرضها على شاشة العرض.

يعد اختراع التصوير الطبقي اللولبي أحدث تطور لأجهزة المسح المقطعي بالحاسب، وكان الهدف من ابتكار هذه الطريقة إنقاص زمن حبس النفس للمريض خاصة في تصوير الرئتين ، وبالتالي إنقاص زمن التصوير.

● أجهزة تصوير الثدي

بدأت تقنية تصوير الثدي (Mamography) في عام ١٩٦٠م، إلا ان التصوير الحديث لم يبدأ إلا في عام ١٩٦٩م، عند إستحداث أول جهاز أشعة خاص لتصوير الثدي.

يستخدم جهاز تصوير الثدي عنصر المولبدينوم كهدف للإلكترونات عوضاً عن عنصر التنجستن كما في أجهزة الأشعة السينية العادية، ومن مميزات عنصر المولبدينوم أنه يصدر أشعة بطاقة منخفضة مقدارها ١٧,٩ إلى ١٩,٠٦ كيلو إلكترون فولت، وهذا من شأنه ـ إضافة إلى استخدام الجهاز جهد أقل من كيلو إلكترون فولت ـ أن يزيد من مقدار التباين بين أنسجة الثدي، كما جهز الجهاز بحافظة أفلام شديدة الحساسية ، وبدون ذلك كان من الصعوبة رؤية التكتلات الصغيرة في مراحلها الأولى ، حيث كان من الصعب ـ بل عدم ـ رؤية بعض الأورام الكبيرة باستخدام الأشعة السينية العادية.

الجدير بالذكر أن جهاز تصوير الثدي يستطيع اكتشاف ٨٥ إلى ٩٠٪ من حالات سرطان الثدي عند النساء اللواتي تزيد أعمارهن عن ٥٠ سنه ، كما أن باستطاعته الكشف عن أورام الثدي قبل أن تشعر به المرأة بعامين مما يجعل معالجته أسهل وأيسر عن طريق الجراحة.

● التصوير الرقمي

دخلت تقنيات التصوير الرقمي (Digital Imaging) في التصوير الإشعاعي منذ عام ١٩٨٠م، عندما أدخل الحاسب في التصوير الإشعاعي الفلوري ، مما حسّن من حدة ووضوح الصور الإشعاعية بدرجة كبيرة.

تعتمد التقنية الرقمية على الفيلم وحافظته ـ مستقبل الأشعة ـ بعد مرورها بما عرف بلوحة فوسفورية تحول الأشعة الساقطة إلى ضوء ينتقل عبر موصلات بصرية إلى كواشف حساسة ، ومن المتوقع في السنوات العشر القادمة أن تحل التقنية الرقمية محل التقنيات العادية للتصوير الإشعاعي ، وأن تستبدل جميع حافظات الأفلام إلى كاشفات إشعاعية رقمية ، وتتميز التقنيات الرقمية بمميزات عديدة منها:

ـ إمكان إرسال الصورة الإشعاعية عبر شبكات الاتصال وشبكة الإنترنت والاحتفاظ بنفس جودة الصورة ونقائها.

ـ تعريض المريض لجرعة منخفضة كافية للحصول على صورة عالية الكفاءة وبالإمكان تحسين الصورة الاشعاعية الرقمية عن طريق معالجتها بالحاسب.

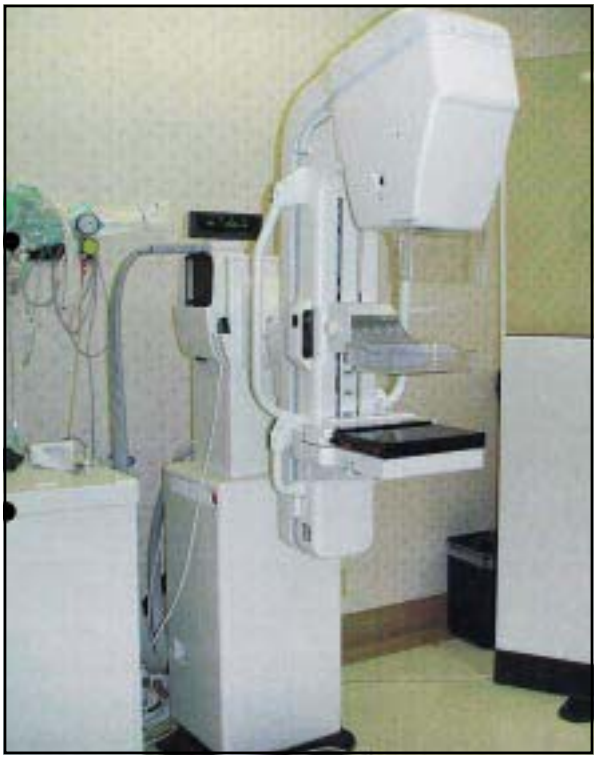
ـ تمكن أكثر من طبيب أو أخصائي سواء كان ذلك من داخل المستشفى الواحد أو خارج المستشفى في إبداء المشورة والتشخيص الجماعي للمريض.

ـ إمكانية تخزين الصورة الإشعاعية تخزيناً رقمياً عن طريق الأقراص المدمجة وغيرها من الطرق الرقمية المعروفة.

ـ إمكانية استدعاء الصورة الإشعاعية القديمة المخزنة بطريقة سهلة وسريعة لمعرفة تطور حالة المريض.

إحتياطات الأمان

عند بداية عهد التصوير الإشعاعي لم تكن معروفة مدى خطورة الأشعة السينية، مما إدى إلي تعرض العاملين عليها إلى جرعات عالية جداً ، أدت إلى وفاة العديد



● جهاز تصوير الثدي.

منهم . ففي دراسة تمت عام ١٩٤٤م على حالات موت أطباء الإشعاع مابين عام ١٩٢٩م ، ١٩٤٣م أتضح أن حوالي ٥٪ منهم توفي نتيجة مرض إبيضاض الدم ـ لوكيميا الدم ـ ، وهي نسبة عالية جداً ، ولكن مع التطور التقني للأفلام وزيادة حساسية وحافظات الأفلام تناقصت الجرعة التي يتعرض لها المريض بشكل كبير منذ ١٨٩٦م إلى الآن بحوالي ٥٠ إلى ١٠٠مرة.

ومنذ ذلك الوقت فقد تزايد الوعي لخطورة الإشعاع على العاملين والمرضى ، مما دعى الهيئات العلمية والحكومية إلى إصدار العديد من التشريعات والقوانين التي تحد من مستوى الإشعاع سواء كان ذلك للشركات المصنعة للأجهزة أو للعاملين أو المرضى، وقد أدى ذلك إلى جعل التشخيص الإشعاعي حالياً أكثر أماناً وفائدة.

تطبق جميع المستشفيات والعيادات التي تحوي أجهزة أشعة نظماً ومواصفات خاصة ـ **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** هي الجهة الرسمية في المملكة لإصدار مثل هذه القوانين ـ لغرف الأشعة وسماكة جدران الغرفة الخارجية، وغرفة التحكم داخل الغرفة ، بالإضافة إلى ضرورة وجود ملابس مرصصة للعاملين والعديد من الدروع الواقية الخاصة بالمرضى، وتخضع كمية الرصاص المطلوبة أو عرض جدران الغرفة إلى عدة عوامل منها جهد الجهاز، وعدد المرضى ، وبُعد الجهاز عن أقرب جدار، وعدد الصور التي تؤخذ لكل مريض .. وغير ذلك من العوامل.

وتفرض القوانين حمل قياس الجرعة الشخصية لجميع العاملين في مجال التشخيص الإشعاعي، وذلك لمعرفة مدى تعرضهم للإشعاع، وعدم تجاوزهم للحدود التي وضعتها اللجنة العالمية للحماية من الإشعاع (ICRP)، بالإضافة إلى مراقبة بيئة العمل وكيفية تطبيق معايير الوقاية من الإشعاع في عملهم.

التعرضات الإشعاعية للمرضى

تتفاوت جرعات الأشعة المتصة من الأشعة السينية في مجال التشخيص تفاوتاً كبيراً، ويعتمد ذلك على نوع التشخيص، والعضو المراد تصويره، وأيضاً على نوع التصوير الإشعاعي المستخدم.

السنة	الاكتشاف
١٨٩٥	إكتشاف العالم الألماني **ويلهام رونتجن** الأشعة السينية وصور يد زوجته كأول صورة تؤخذ بواسطتها.
١٩٠٠	أستخدام الأشعة السينية لتصوير الصدر للتشخيص المبكر لمرض السل.
١٩٠٦	بدء استخدام محاليل التباين، وقد استخدم للمرة الأولى في تصوير الجهاز البولي.
١٩٣٩	أول حالة قسطرة بواسطة الطبيب **نورس مان** ، وقد أجراها على نفسه.
١٩٥٥	تضخيم الأشعة السينية بواسطة وحدة تلفزيونية للتمكن من أخذ صور متتابعة.
١٩٧٠	اختراع جهاز الأشعة السينية لتصوير الثدي.
١٩٧٢	اختراع التصوير الطبقي المبرمج (المسح المقطعي بالحاسب).
١٩٧٨	التصوير الإشعاعي الرقمي ، وهو تحويل الإشارة التلفزيونية الصادرة من الأشعة السينية إلى صورة رقمية.
١٩٨٩	اختراع التصوير الطبقي اللولبي المبرمج.

● بعض العلامات المهمة في تاريخ التصوير بالأشعة.

عملية تصوير	الجرعة الفعالة (مليسيفرت)
الصدر	,٠٤
الجمجمة	٠,١
البطن	١,٢
الثدي	,٠١
الجزء القطني من العمود الفقري	٢,١
الشرج والقولون بالباريوم	٨,٧
التصوير الطبقي المبرمج للراس	١٠٨
الأشعة التداخلية للمخ	١٠,٦
الأوعية الدموية بالصبغة	٢٨,٩

● **جدول (١) الجرعة الفعالة التي يتعرض لها المريض لبعض عمليات التشخيص الإشعاعي العادي والأشعة التداخلية.**

فمثلاً تبلغ الجرعة المتصة من تصوير الصدر حوالي ٢٠إلى ٤٠ ميكروسيفرت، في حين أن الجرعة المتصة من تصوير البطن تبلغ حوالي ١٢٠٠ ميكروسيفرت، كما تبلغ الجرعة المتصة الناتجة عن التصوير المقطعي للرأس حوالي ١٨٠٠ ميكروسيفرت، علماً بأن الجرعة المتصة من تصوير الثدي تبلغ حوالي ١٠٠ ميكروسيفرت، جدول (١).

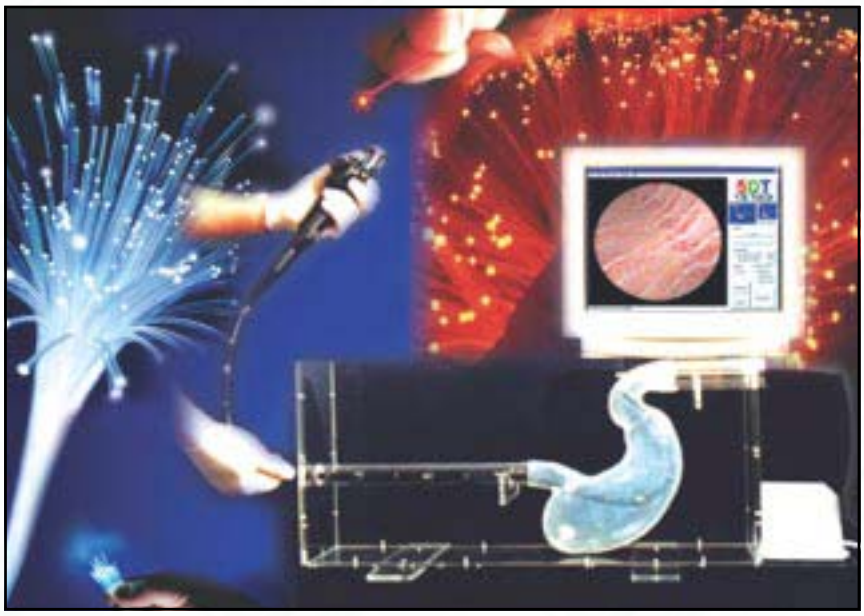
وتعد الأشعة التداخلية مثل حالات القسطرة القلبية، الأعلى من حيث الجرعة المتصة التي يتعرض لها المريض، فقد تبلغ حوالي ٢٨٠٠٠ ميكروسيفرت (٢٨ملي سفرت)، وعموماً فإن هذه القيم تتراوح تراوحاً متبايناً من بلد لآخر ومن مستشفى لآخر، لذلك توصي المنظمات الدولية بضرورة تأكيد جودة ممارسات التصوير الإشعاعي بخفض الجرعة التي يتعرض لها المريض.

لذلك فقد أصدرت الهيئات العلمية المختصة مثل اللجنة العالمية للحماية من الإشعاع نشرات تحذيرية للحد من الجرعة التي يتلقاها المريض في مثل هذه الحالات.

كما ينصح المرأة الحامل بتجنب التصوير الإشعاعي لمنطقة البطن لشتى أنواع التصوير الإشعاعي، وبالذات التصوير المقطعي لمنطقة البطن أو أي حالة من حالات الأشعة الداخلية، مالم تكن هناك مبررات شديدة لهذا التصوير حفاظاً على الجنين.

استخدام المناظير الضوئية في الطب

د. محمد بن صالح الصالحي



أدى إستخدام المناظير الضوئية في الطب إلى ثورة في كلّ من التشخيص والعلاج الجراحي، لما لها من مميزات كبيرة عن الطرق الأخرى، والتي سوف ترد في حينها . وقد تعددت الآن أنواع المناظيرحتى أصبح لكل جزء من الجسم منظاره الخاص به. تشتق كلمة منظار(Endoscopy) من كلمتين (Endo) بمعنى داخل (inside)و (skopeein) بمعنى يرى، أي الآلة التي يمكن بواسطتها رؤية الأعضاء المختلفة داخل جسم الإنسان .

وقد وجد من الناحية التاريخية أنه يمكن إدخال أنبوبة داخل فجوات الجسم ، وعن طريق الإضاءة من مصباح كهربائي صغير يمكن الفحص ومن ثم التشخيص ، إلا أن هذه الطريقة لاتسمح للطبيب بالرؤية الجيدة، ولاتسمح له بالدخول إلى مناطق معينة، وخاصة عندما تكون هناك إنحناءات مختلفة، بالإضافة إلى أن المصباح ينتج كمية كبيرة من الحرارة.

أحدثت تقنية الألياف الضوئية (Fiber optic Technology) ثورة في تقنية المناظير الطبية لتلافيها سلبيات المناظير أنذاك، إذ جعلت من الممكن وصول الضوء إلى مسافات بعيدة وانحناءات عديدة عن طريق حزمة من الألياف (Boundles of Fibers) تمكن الطبيب من رؤية العضو المراد تشخيصه .

يتناول هذا المقال المناظير الضوئية المستخدمة في تشخيص الأمراض والجراحة مع شرح لتقنية الألياف الضوئية وأهميتها في التشخيص والجراحة .

الألياف الضوئية

تستخدم الألياف الضوئية (Fiber optics) في نقل أشعة الضوء إلى مسافات كبيرة بدون توهين يذكر، ولذا فإن إستخدامها لايقتصر على المجال الطبي فقط، ولكن توجد لها استخدامات أخرى كثيرة جداً في الصناعة، إضافة إلى أنها أحدثت ثورة في مجال الإتصالات لقدرتها الفائقة على إرسال واستقبال الرسائل الهاتفية وبالسرعة المطلوبة، ولهذا فإنها تستخدم الآن لربط أجهزة الحاسوب بالأخرى الخادمة (Server) وبالسرعة المطلوبة، وتمتاز الألياف الضوئية بأنهاخفيفة، ومحصنة ضد التداخل مع الموجات الكهرومغناطيسية، كما انها آمنة، أي لا يمكن اختراقها، وبالتالي تعد مثالية بالنسبة للاستخدامات العسكرية .

الجدير بالذكر أن فكرة نقل أشعة الضوء المرئي خلال وسط ليست جديدة، ففي عام ١٨٧٠م أثبت **تايندال (Tyndall)** إمكانية توجيه ونقل الضوء خلال نفث (Jet) مائي يسري من مستودع مياه، إلا أن هذه الفكرة لم تلاقي النجاح، وذلك لقصر المسافة التي يخترقها الضوء بسبب الفقد الكبير في الطاقة خلال الوسط. وتوالت المحاولات بعد ذلك حتى عام ١٩٥٤م عندما نجح **إبراهام فان هيل (A.Van Heel)** من هولندا بالتزامن مع كل من **هيلنز (H. Hopicins)** **وكباني (N.Kapany)** من لندن في نقل الصور عن طريق حزم من الألياف الضوئية .

● آلية نقل الضوء بالألياف الضوئية

يعتمد نقل الضوء خلال الألياف الضوئية على مبدأ الانعكاس الكلي الداخلي (Total Internal Reflection)، ويعني هذا المصطلح أن الضوء الساقط على السطح الفاصل بين وسطين منفذين للضوء لاينكسر بل ينعكس بكامله داخل الوسط الذي أتى منه، وذلك تحت شروط خاصة وهي:

١ـ أن يكون معامل الانكسار **(Refractive index)** للوسط الساقط منه الضوء أكبر من معامل الانكسار للوسط المنتقل إليه .

٢ـ أن يسقط الضوء من الوسط ذو معامل الانكسار الأكبر بزاوية سقوط أكبر من الزاوية

الحرجة (Critical angle) بين الوسطين.

ويعرَّف معامل الانكسار بأنه نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في أي وسط، وحيث أن سرعة الضوء بجميع أطواله الموجية في الفراغ ثابتة فإن معامل انكساره في الفراغ يساوي الواحد وبالتالي فإن معامل انكسار الضوء في المواد الأخرى تزيد عن قيمته في الفراغ (أكبر من الواحد).

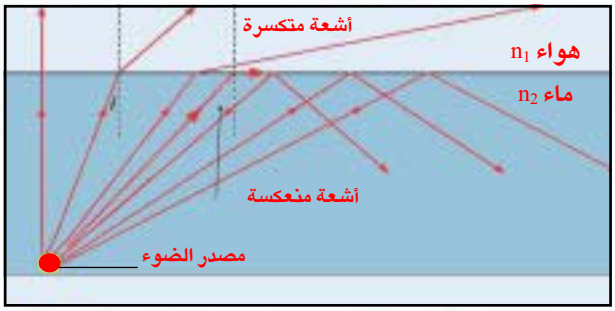
ويوضح الجدول (١) معاملات الانكسار لبعض المواد المعروفة عند درجة حرارة الغرفة.

فمثلاً عند مرور الضوء من مصدر موجود داخل وعاء به ماء، شكل (١) فإنه عندما تسقط أشعته بزوايا معينة إلى سطح الماء سوف ينعكس بعضها (Reflected) بينما ينكسر البعض الآخر. ويبقى ذلك الإنعكاس والإنكسار للضوء حتى تصل زاوية سقوط الأشعة على سطح الماء إلى حد معين تسمى الزاوية الحرجة (ϕ_c)، عند ذلك تنعكس الأشعة على سطح الماء انعكاساً كلياً، بحيث لايوجد أي أثر للأشعة المنكسرة. وتعتمد تلك الزاوية على معاملي انكسار الماء(n_1) والهواء (n_2)، وذلك حسب المعادلة التالية :

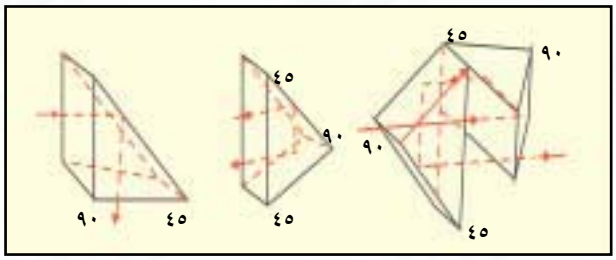
$$\frac{n_2}{n_1} = \text{جيب الزاوية الحرجة } (\phi_c)$$

نوع المادة	معامل الانكسار	نوع المادة	معامل الانكسار
الفراغ	١,٠٠٠٠	محلول	١,٥٤٤
ماء	١,٣٣٣٣	زجاج كراون	١,٤٢
ثلج	١,٤٩	زجاج فلنت	١,٦٦
كحول	١,٣٦١	كوارتز	١,٤٥٨
بنزين	١,٥٠١	ألماس	٢,٤١٩

جدول (١) معامل انكسار بعض المواد المنفذة للضوء.

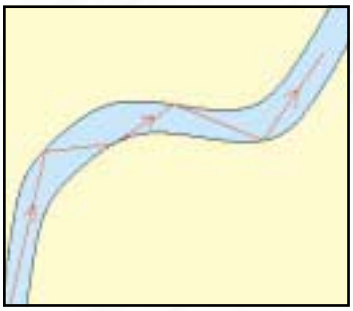


● شكل (١) مسار الأشعة من مصدر ضوئي في الماء إلى الهواء .



● شكل (٢) تغيرمسار أشعة الضوء بالانعكاس الكلي داخل المناشير.

الجدير بالذكر (حسب المعادلة) أنه عندما يحدث الانعكاس الكلي الداخلي لايكون هناك فرق بين الشدة الضوئية للأشعة الساقطة عن تلك المنعكسة، بعكس الإنعكاس المباشر من السطوح المصقولة فإن الاشعة المنعكسة تكون أقل في الشدة من تلك الساقطة، حتى ولو كان السطح العاكس شديد الصقل (اللمعان)، ولهذا فإن الانعكاس الكلي الداخلي يستخدم في تصنيع الأجهزة الضوئية عالية الدقة، وفيها تستبدل المرآة (Mirror) بمنشور (Prism)، ويبين شكل (٢) عمل هذه المناشير في عكس اتجاه الأشعة داخلها، حيث لايوجد فقد في الطاقة أثناء الإنعكاس الداخلي، ولكن يوجد فقد قليل جداً عند دخول الأشعة إلى الليفة الضوئية وخروجها منها، وهذا لايغير من الانعكاس الكلي الداخلي الذي هو الفكرة الأساسية لعمل الليفة الضوئية. فعلى سبيل المثال عند سقوط شعاع ضوئي بزاوية تساوي أو أكبر من الزاوية الحرجة فإنه سوف يعاني من الانعكاسات الكلية الداخلية إلى أن يصل إلى الناحية الأخرى، حتى لو كانت هذه الليفة متعرجة، كما هو موضح بشكل (٣). وهذا مهم جداً في استخدام هذه الأليـاف في التطبيقات



● شكل (٣)مسار شعاع ضوئي خلال ليفة ضوئية.

المختلفة، وخاصة عندما يراد وضعها في أماكن غير مستقيمة .

● تركيب الألياف الضوئية

تصنع الألياف الضوئية من زجاج يمتاز بدرجة عالية من النقاء لدرجة أنه إذا صنع منه لوحاً مثل زجاج النوافذ سمكه واحد كيلو متر فإنه يظل شفافاً مثل لوح الزجاج العادي .

تتكون كل ليفة من ثلاثة أجزاء، شكل (٤)، هي :-

* **القلب (Core)**، ويوجد عند مركز الليفة والهدف منه أنه وسط لإنتشار وحمل الضوء.

* **الطبقة الدائرية (Concentric Layer)**، وهي عبارة عن قشرة أوكسوة (Cladding) تغلف القلب يبلغ قطرها ١٢٥ ميكرومتر تقريباً، وتصنع من زجاج آخر له معامل انكسار أقل من زجاج القلب ليحدث للضوء داخل القلب إنعكاساً داخلياً كلياً ليتم نقله من مكان لآخر .

* **الغطاء (Jacket)**، ويحيط بالقشرة أو الكسوة، ويهدف إلى حماية الليفة من الكسر والمواد الكيميائية والعوامل البيئية المختلفة.

● شكل (٤)، مكونات الليفة الضوئية .

وبالرغم من أن معظم الألياف الضوئية تصنّع من الزجاج، وخاصة تلك التي تستخدم في الإتصالات بين وحدات متباعدة، إلا أنها يمكن أن تصنع من البلاستيك (Plastic fiber) لأنه أكثر مرونة من الزجاج وأقل تكلفة، ولكن يعاب عليها عدم قدرتها على توصيل الضوء إلى مسافات بعيدة، نتيجة لفقد الطاقة الضوئية النسبي خلالها.

تركيب المناظير الضوئية الليفية

تتركب المناظير الضوئية الليفية من حزمتين (Bundles) من الألياف الضوئية الزجاجية أو البلاستيكية، وتحتوي كل حزمة على عدد معين من الألياف المترابطة، حيث تستخدم أحد هاتين الحزمتين لنقل الضوء إلى العضو المراد رؤيته ومن ثم تشخيصه، أماالأخرى فتستخدم لنقل الصورة .

ويرجع السبب في استخدام حزمة من الألياف بدلاًمن ليفة واحدة إلى أن رؤية أي جسم تتطلب تسجيل جميع الأشعة المنعكسة من كل أجزائه، فكلما زاد تسجيل هذه الاشعة كلما زادت جودة ووضوح الصورة، أما إذا مرت هذه الأشعة خلال ليفة واحدة فإنه يحدث بها تداخل وتكون النتيجة عدم رؤية الجسم بصورة واحدة، ولذا يجب استخدام حزمة من الألياف المترابطة تكون كل ليفة مسؤولة عن إمداد شعاع معين يترابط مع الإشعاعات الأخرى، ولذا تعتمد كفاءة المنظار في توصيل صور جيدة على عدد الألياف الموجودة، وعلى قطر كل ليفة.

فكلما زاد العدد وقل القطر ـ يمكن أن يصل إلى واحد ميكرومتر ـ زادت جودة ووضوح الصورة.

يزودّ منظار الليفة الضوئية، شكل (٥)، بقنوات(Channels) تستخدم في توصيل أو إخراج الماء والهواء، وأيضاً قناة أخرى للحصول على العينات من العضو لإجراء مزيد من الدراسة على حالته المرضية، وما إذا كان يحتوي على خلايا سرطانية من عدمه .

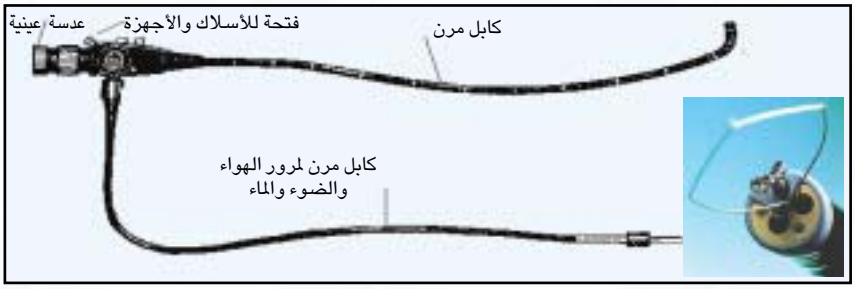
تأتى المصادرالضوئية للمناظير الطبية إما من الهالوجين أوالزينون (Halogen or Xenon Bulb)، وتكون تلك المناظير من النوع البارد ـ من حيث درجة الحرارة ـ عن طريق تزويدها بماصات الأشعة تحت الحمراء.

الجدير بالذكر أنه حدث تطور في المناظير الحديثة فقد تم استبدال الحزمة الليفية للرؤية بشريحة صغيرة لآلة تصوير فيديو (CCD) ترسل الإشارات الدالة على الصورة ـ عن طريق سلك ـ إلى جهاز المراقبة (Monitor) ليقوم بدوره بتكبيرها .

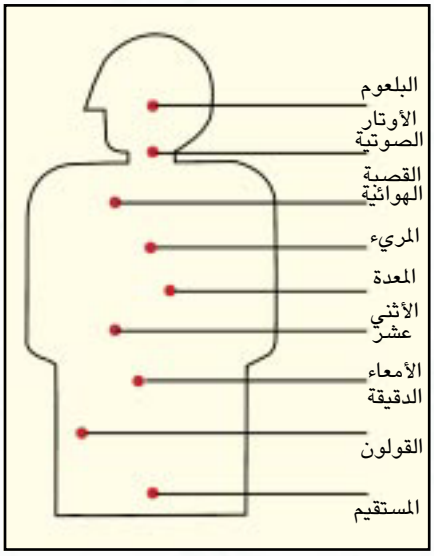
أنواع المناظير الضوئية الليفية

يوجد الآن عدد كبير من المناظير الضوئية المستخدمة في الطب يناسب كل منها عضو من أعضاء الجسم، كما هو موضح في شكل (٦).

إضافة لذلك توجد عدة مناظير ضوئية ليفية أكثر تخصصاً (Subtypes) منها مثلاً : منظار مجرى البول حتى الكلية (Nephro-Uretero Scopy)، منظار الأوعية



● شكل (٥) الشكل العام لمنظار من الليفة الضوئية.



● شكل (٦) أعضاء جسم الإنسان التي يوجد لها مناظير.

الدموية(Angioscopy) وغيرهما، تتراوح أقطارها ما بين ٣ إلى ١٥ ملميتر، وتتميز بأن طرفها(Tip) قابل للحركة عن طريق آليات معينة (أزرار التحكم) توجد في بدايتها .

استخدام المناظير الضوئية في الجراحة

نتيجة للتقدم الهائل في صناعة المناظير الضوئية الليفية فقد كثر إستخدامها في أنواع معينة من الجراحات، فعلى سبيل المثال لا الحصر جراحة إزالة البروستاتا عند الرجال ، جراحات الأجهزة التناسلية عند النساء، وإزالة الحويصلة المرارية (Gall Bladder).

يتميز استخدام المناظير الضوئية في الجراحة بفوائد عدة من أهمها :-

ـ قلة فقدان الدم أثناء الجراحة .

ـ قصر فترة مكوث المريض في المستشفى، وهذا بالطبع ينعكس على تقليل الألم أثناء وبعد الجراحة .

ـ أنها في بعض الأحيان لاتحتاج إلى فتحات حتى أنه يمكن إدخالها عن طريق الفتحات الطبيعية في الجسم، وفي هذه الحالة تحتاج فقط إلى مخدر موضعي (Local anaesthesia). أما إذا كانت تحتاج إلى فتحات صغيرة لرؤية الفجوات

اسم المنظار	الغرض من استخدامه
منظار الجهاز الهضمي (Gastroscopy)	فحص المرئ، المعدة، الأمعاء الدقيقة.
منظار القولون (Colonoscopy)	لفحص الأمعاء الغليظة.
منظار المثانة (Cystoscopy)	للكشف عن المثانة.
منظار الرئة (Bronchoscopy)	للكشف عن مجاري الهواء في الرئة.
منظار الحنجرة (Laryngoscopy)	للكشف عن الحنجرة وصندوق الصوت.
منظار الأنف (Laparoscopy)	فحص الأنف والفجوات المتعلقة بها.
المنظار البطني (Arthroscopy)	فحص الفجوة المعدية والأعضاء المجاورة.
منظار المفاصل (Thoracoscopy)	لفحص المفاصل مثل مفصل الركبة.
منظار الصدر	لفحص الفجوة الصدرية.

جدول (٢) بعض المناظير الضوئية الليفية واستخداماتها .

الداخلية (Internal Cavity) فيحتاج المريض إلى التنويم في المستشفى لحاجته إلى المخدر العام . وفي كلتا الحالتين تؤخذ قطع صغيرة من الأنسجة (Biopsy) لكي تجرى عليها الاختبارات والأبحاث المختلفة، ويبين جدول (٢) بعض أنواع المناظير الضوئية الليفية واستخداماتها .

ولبيان كيفية عمل المناظير في الجراحة يمكن تفصيل استخدامها في إزالة الحويصلة المرارية (Gall Bladder) باستخدام المنظار البطني (Laparoscope)بالجراحة التي يطلق عليها (Laparoscopic cholecystectomy) أو الجراحةخلال ثقب (Key hole Surgery) أو الجراحة قليلة التعامل (Minimally invasive surgery) .

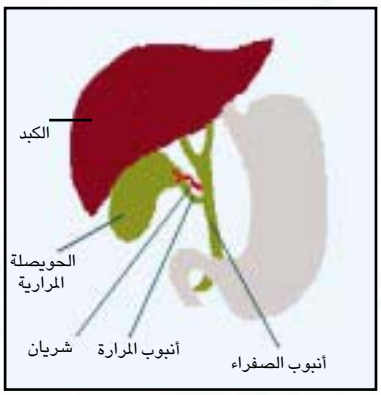
يبين شكل (٧) مكان الحويصلة المرارية وكيفية اتصالها بكل من الكبد والأمعاء الدقيقة. وللمقارنة يلزم الجراح عند استخدام الجراحة التقليدية أن يقطع شقاً يبلغ طوله من ٢٠ إلى ٢٥ سم لكي يتمكن من إدخال يديه والأدوات المستخدمة، والسماح لضوء من مصدر خارجي أن ينير له المكان حتى يستطيع أن يؤدي الجراحة بسهولة. ومن مساويء هذا القطع الكبير أنه يتبعه فقد في الدم بالإضافة إلى كثير من الألم وعدم القدرة على الأكل والراحة بعد الجراحة، بالإضافة إلى طول فترة البقاء في المستشفى . أما عند استخدام المنظار البطني المزود برقيقة كاميرا الفيديو (Chip - Based Video Camera CCD) فيمكن إجراء هذه الجراحة عن طريق ثلاثة ثقوب، ويبين شكل (٨)، مقارنة بين الجراحة بالطرق العادية وجراحة المنظار .

يُدخل المنظار الذي قطره ١سم خلال الفتحة الموضحة بالشكل ، ويتم أرسال الضوء من مصدر شديد الإضاءة عن طريق حزمة الألياف الضوئية (مصدر هالوجين أو زينون)، تلتقط الصورة وتكبّر على شاشة المراقبة بواسطة شريحة الكاميرا، ثم يقوم الجراح بعد ذلك بعمل ثقبين على الجانبين لإدخال الأدوات التي عن طريقها يقوم باستئصال الحويصلة المرارية وسحبها إلى الخارج . من هذا يتضح أن استخدام هذه الجراحة سيؤدي إلى فقد المريض قليلاً من الدم وإحساسه بألم بسيط، كما أنه يستطيع مزاولة نشاطه العادي بعد أسبوع من الجراحة.

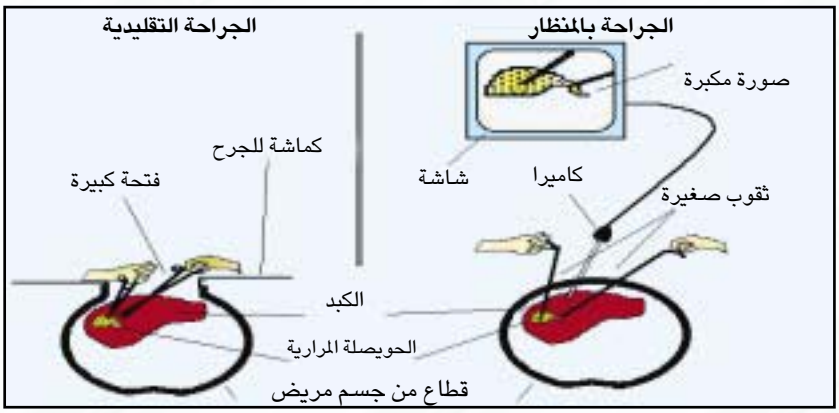
الجدير بالذكر أن جراحة المناظير تحتاج إلى مهارة خاصة من الجراح وليست صالحة لكل الحالات، فمثلاً في حالة إستئصال الحويصلة المرارية يجب التأكد من أن الحصوات لم تنزلق إلى أنبوب الصفراء (Bile Duct)، إذ لابديل من الجراحة التقليدية في حالة إنزلاقها. أيضاً يجب أن يكون الجراح مستعداً لعمل الجراحة التقليدية في حالة عدم وضوح الرؤية نتيجة وجود إندفاع من الدم أو السوائل التي تحجب الرؤية أوحدوث أي مشاكل أخرى .

المراجع

1. **J . Kane & M . Sternheim**, Physics- John Wiley & Sons 1984.
2. **R. Serway**, physics for Scientists and Engineers,Saunders College Pub .(1990).
3. **J.Hecht**, City of Light: The story of fiber optics, Oxford Uxford Uni. Press New York(1999).
4. **J . Hayes**, Fiber Optics Technian's Handbook, Delmar Publishers Albany,New York 2001.
5. **http://www. Endoscopy.htm**



● شكل (٧) وضع الكبد والحويصلة المرارية من جسم الإنسان.



● شكل (٨) مقارنة بين الجراحة التقليدية وجراحة المنظار.

أ.د. عبدالستار محمد سلام

يعد إختراع المجهر ـ الميكروسكوب (microscope) ـ من أهم إنجازات العصر الحديث التي ساهمت في تطور العلوم ولايزال له تأثير عظيم في علوم الحياة والطب والصناعة ، فقد ساهم في أهم الإكتشافات التي أدت الي زيادة المعرفة حول أسرار تركيب وعمل الخلية والمواد الحية ، كما ساعد إلى حد كبير في التشخيص السليم للأمراض مما ساعد على وصف العلاج النافع، كما لايخفى دوره الكبير في الكشف عن أسرار عالم الكائنات والمكونات الدقيقة في علوم الحياة.

يستعرض هذا المقال تاريخ المجهر وتطوره ومزاياه وأنواعه المختلفة ، وكيفية الإبصار والملامح الرئيسة للمجاهر المختلفة وآلية عمل بعض أنواعها المختلفة.

تاريخ المجهر

شهد القرن الثاني قبل الميلاد بداية معرفة الإنسان للمجهر حينما قام **بطليموس إقليدس (Cldudius Ptolemy)** ـ فلكي شهير من الإسكندرية ـ بوصف انحناء عصا داخل الماء، وقياس زاوية إنكسار الضوء عند اختراقه لها وبالتالي أمكنه حساب معامل انكسار الماء، تلا ذلك في القرن الأول بعد الميلاد قيام **سينيكا (Seneca)**، بوصف تكبير الأشياء بواسطة كرة من الماء ، حيث قام بتدوين التالي " الحروف الصغيرة غير الواضحة تم رؤيتها مكبرة وأكثر وضوحاً خلال كرة من الزجاج مملؤة بالماء " . وفي الفترة من ٩٦٢م إلى ١٠٣٨م قام العالم العربي **الخازن (Alhazen)** ، بكتابة أول عمل رئيس يعد ذخيرة علمية في الضوء ، حيث ناقش ليس فقط أساسيات الضوء بل قام بوصف تشريح العين وكيف أن عدسة العين تقوم بتجميع الصورة على الشبكية.

وفي عام ١٢٦٧م قام **باكون (Bacon)** ، بكتابة وصف محدد للتكبير البسيط ذاكراً: " الأشياء الكبيرة يمكن تداركها بالعين وإذا كانت الحروف بالكتاب أو أي أجسام دقيقة يمكن النظر إليها من خلال قطعة صغيرة من كرة زجاجية أو بلورة كي تظهر مكبرة وأكثر تحسينا " .

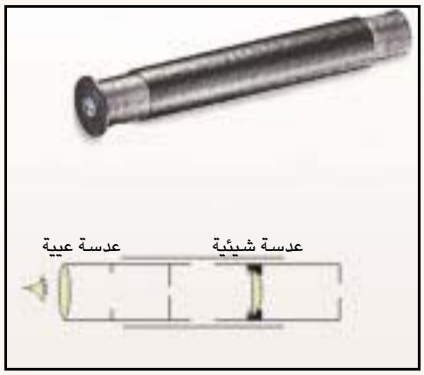
ويمكن القول أن هذه الجهود قد أعطت لمحات عن المعرفة الضوئية والرؤية في الماضي ، لكن المهم معرفة أن هذه الإيضاحات كانت محصورة بين العلماء والفلاسفة حتى تم إختراع النظارة (العويّنات) فيما بين ١٢٥٥م إلى ١٢٨٠، في مدينة فلورنسا بإيطاليا . وليس معلوماً على وجه التحديد من كان وراء إختراع النظارة ولكنها إنتشرت وشاع إستخدامها في هذه المدينة في فترة وجيزة.

وبإنتشار العوينات وخواصها التكبيرية بدأت دراسة علم البصريات والتعمق فيه أكاديمياً وبحثياً وقد ساهم ذلك في قيام البصريين الألمان بصناعة المقراب ـ تلكسوب(Telescope) ـ من عدة عدسات ، ثم بدأ التفكير في عمل المجهر وذلك بطريقة عكس عمل المقراب.

وهناك خطأ كبير في المعلومات حول مخترع المجهر ، حيث تذكر بعض المراجع الأمينة المحترمة بأن **جاليليو (Gallileo)** ، اخترع المجهر بعد إختراعه للمقراب ، لكن هذا غير صحيح لأن **جاليليو** لم يصنع أول مقراب له قبل حوالي عام ١٦٠٧م.

كذلك يظن كثير من الناس أن **لوينهوك (Leeuwenhoek)** ، هو أول من إخترع المجهر، وهذا أيضاً غير صحيح ، لأن مجهر **لوينهوك** كان بسيطاً جداً، وغير نقي لصناعته من مواد خام ، وتم تصنيعه بعد وقت طويل من صنع نماذج تم تداولها وإستخدامها في أكتشافات هامة مثل مجهر **مالبيجي (Malpighi)** ، والمجهر المركب **(Compound microscope)** ، الذي تم صنعه بواسطة **هوك (Hooke)** ١٦٦٥م .

وربما يرجع الفضل الأول لإختراع المجهر إلى العالم الهولندي **يانسين (Jansen)** ، عام ١٥٩٥م ، الذي قام بتصنيع وإنتاج مجهر تطابق مواصفاته المجهر



● مجهر يانسين.

الموجود الآن محفوظ في متحف **ميدل برج** (Middleburg) بهولندا .

قام **يانسين** بإرسال نسخه من المجهر إلى الأمير **موريس** (Prince Morice of Orange) ، ونسخة أخرى الى **ألبرت أرشيدوق** النمسا (Archduke Albert of Austria) ، وتم حفظ تلك النسخة حتي أوائل القرن السابع عشر ١٦٠٠م عندما قام الدبلوماسي الألماني **دريبل** (Drebbel)، بفحص المجهر وإعادة تصنيعه في شكل منمق يليق بالإستخدام الملكي حيث تم تصنيعه من ثلاث إسطوانات نحاسية منزلقة داخل بعضها يبلغ طولها عندما تكون تامة الفتح حوالي ٤٥ سم وقطر ٥ سم ، ويحتوي المجهر على عدستين وفتحتين من الجانبين ، وله قوة تكبير تتراوح بين ثلاث وتسع أضعاف.

بعد إختراع **يانسين** وخلال عدة سنوات كان هناك العديد من صانعي المجاهر عبر أوربا وزاد مستخدميها حيث كان على رأسهم **جاليليو** (Galileo). ورغم أنه كان ـ في ذلك الوقت ـ ينُظر إلى المجهر في المدارس على أنه لعبة متطورة خلال القرن السابع عشر إلا أنه كان أداة هامة في النشاط العلمي أنذاك ، حيث تم نشر عدة أوراق علمية عن المشاهدات خلال المجهر أهمها ورقتان علميتان عامي ١٦٦٠م و١٦٦٥م حيث تمكن **مالبيجي** (Malpighi) في الورقة الأولي من أثبات نظريات **هارفي** (Harbey) ، عن الدورة الدموية، بينما دوّن في الثانية كتاب (Hooke) المسمى (Micrographia).

● مجهر جالليو .

● مجهر مالبيجي .

شهد عام ١٦٦٥م قيام **روبرت هوك** (Robert Hooke) (١٦٣٥إلى١٧٠٣م)، بتصميم مجهر مركب (مكون من عدة عدسات) مع مجموعة الإضاءة ونظام التشغيل ، ويعد هذا المجهر ـ آنذاك ـ الأحسن ، فبواسطته استطاع مصممه أن يفحص الحشرات وريش الطيور ، وبرسم مشاهداته ويضعها في كتاب (Micrographia) .

الجدير بالذكر أن **هوك** أنفق حوالي ٢٠٠٠ جنيه أسترليني على تطوير مجهره المذكور حتى وصل إلى إمكانية فحص طبيعة الخلايا النباتية وجدرانها. وقد تزامنت عمليات تطوير **هوك** لمجهره مع رسالة **لوينهوك** ـ عام١٦٧٨م ـ إلي الجمعية الملكية بتقرير إكتشافاته المتمثلة في رؤيته لكائنات صغيرة "بكتيريا وبروتوزوا" بواسطة منظاره.

قام **هوك** بتأكيد مشاهدات **لوينهوك** بالمجهر المركب بنجاح ، وقال : "إن المجهر البسيط الذي إستخدمه **لوينهوك** أعطى صورة واضحة عن مجهره المركب ، ولكنه صعب الاستخدام (أي المجهر البسيط) ، لأنه يضعف الأبصار" ذاكراً أنه ضار بعينه .

كان للتقدم في نظريات الضوء فيما بعد الأثر الكبير في التغلب على مشاكل تكّون الصورة في المجاهر وخواصها من تباين (Contrast) ، وتكبير (Magnifcastion) ، وتشوه اللون والكري (Spherical and monochromatic aberrations) .

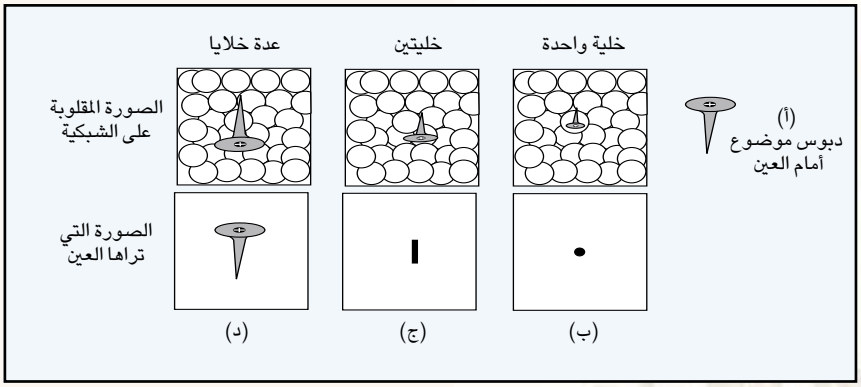
قام **روس ، سيركا** (Ross, Circa) عام ١٨٤٠م بتصميم عدسات شيئية متغيرة التكبير (المواجهة للشيء أو الجسم المراد رؤيته) للتغلب على التشوهات . وللتغلب على تلك المشاكل أمكن في الوقت الحالي وضع العدسة الواحدة في شكل مجموعة من العدسات .

الجدير بالذكر أن المجهر المركب التقليدي المستخدم الآن لم يختلف في فكرته عن مجهر **هوك** اللهم إلا في الشكل الجمالي والصناعة الدقيقة ، بالإضافة إلى التطور العلمي في تلافي عيوب العدسات والصورة ومجموعة الإضاءة وتقنية الصورة والتكبير وسهولة الاستخدام ، مما جعل استخدام المجهر في ـ وقتنا الحالي ـ في المعامل الدراسية والبحوث ومعامل علم الأمراض شائعاً مثل إستخدام جهاز قياس درجة الحرارة الطبي في العيادة .

حدة الإبصار والرؤية عند الإنسان

تتكون شبكية العين من عدة طبقات من الخلايا أولها خلايا مستقبلات الضوء (Photoreceptor Cells) مهمتها استقبال الضوء ، وتأتي بعض هذه الخلايا على شكل قضبان (rods) مسؤولة عن الرؤية أي الأبيض والأسود ، والبعض الآخر على شكل مخاريط (Cones) مسؤولة عن الرؤية اللونية. ويبلغ قطر هذه الخلايا في المتوسط حوالي ٥ ميكرومتر، وعندما

● مجهر هوك .



● شكل (١) صورة جسم دبوس على خلايا الشبكية .

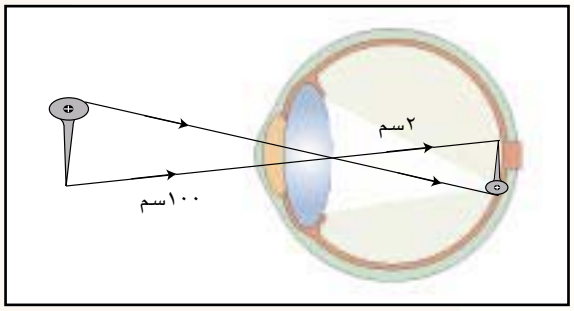
تكون الصورة المتكونة على الشبكية بهذا القدر من القطر فإنها سوف تقع على خلية واحدة وتصل إشارة كهربية إلى المخ من خلية واحدة فيرى الجسم على شكل نقطة دون أي تفاصيل ، أما إذا وقعت الصورة على أكثر من خلية فإن الإشارات المتعددة التي تصل إلى المخ من الخلايا المختلفة تتسبب في رؤية تفاصيل أكثر للجسم ، وهكذا.

ويوضح شكل (١) جسم على شكل دبوس (أ) موضوع أمام العين على مسافة ما ، وبفرض تكّون صورة له تقع علي خلية واحدة من الشبكية ـ الصورة (ب)ـ فإن العين سوف تراه على شكل نقطة دون أي تفاصيل ، وإذا تم تقريب الدبوس من العين بحيث تكون له صورة أكبر على الشبكية –صورة (ج)– فإن العين سوف تراه دون تفاصيل محددة ، أما إذا كانت الصورة مغطاة بعدد كبير من الخلايا فإن العين سوف ترى الجسم بكل تفاصيله كما في الصورة (د).

ومن الناحية العددية يبلغ قطر عين الإنسان البالغ السليم حوالي ٢ سم ، ولكي تتكون على شبكية العين صورة لجسم تغطي خلية واحدة قطرها ٠,٠٠٥مم فإن الجسم الموضوع على بعد متر واحد من العين يجب أن يكون طوله حسب حساب المثلثات، شكل (٢) ربع ملليمتر ، وبالتالي فلن تراه العين إلا نقطة غير واضحة ، ولكي تراه العين فإنه إما أن يقترب الجسم من العين حتى تتكون له صورة مكبرة ، ولكن غالباً ما يكون ذلك غير مرغوب فيه لأنه مع مرور الوقت سيحدث إجهاد للعين ، مما يؤدي إلى ضرر للعدسة والعضلات ، أما الطريقة الأخرى لرؤية الجسم بتفاصيله هو تكبير الجسم نفسه دون تقريبه من العين ، وهذا هو عمل المجهر البسيط للرؤية المباشرة والمجهر عموما للحصول على تسجيل فوتوغرافي.

وحسب قوانين الضوء لايمكن رؤية جسم دقيق طوله أصغر من طول موجة الضوء المستخدم أو المنعكس من الجسم ، أي أن التكبير ليس هو العامل الأساسي في الرؤية، ولكن الطول الموجي للضوء المستخدم في المجهر عامل آخر أهم ، لذلك تطور المجهر من الضوئي إلي ضوء الأشعة فوق البنفسجية ثم المجهر الإلكتروني ، أي أن قوة الفصل للمجهر (Resolving power-RP) ، تتناسب عكسياً مع طول موجة الضوء المستخدم في المجهر الإلكتروني.

لذلك فإن المجهر الإلكتروني يمكنه فصل نقطتين بوضوح المسافة بينها أقل آلاف المرات عما يمكن رؤيته بالمجهر



● شكل (٢) تكون الصورة على شبكية العين .

التقليدي الضوئي، وذلك بالمقارنة بين أطوال الموجات المستخدمة.

أنواع المجاهر

تختلف المجاهر بإختلاف التقنية المستخدمة فيها، ومنها ما يلي :

● المجهر الضوئي التقليدي

يمكن إستخدام المجهر الضوئي التقليدي (Conventional light microscope) لتكبير متعدد عن طريق تغيير قوة العدسة العينية أو العدسة الشيئية أو كليهما ، ويحدد التكبير الذي يمكن الحصول عليه بالطول الموجي للضوء المرئي المستخدم (٠,٤ إلى ٠,٧ ميكرون) ، وهذا يعني أن أصغر جسم يمكن رؤيته بوضوح يكون في حدود ثلاثة أرباع الميكرومتر تقريباً ، أما الأجسام الأصغرمن ذلك فلايمكن رؤية تفاصيلها مهما تم تكبيرها بهذا المجهر.

وحيث أن قطر خلايا الجسم تتراوح بين ٥ إلى ٥٠ ميكرومتر فإن هذا المجهر مناسب لرؤية وإيضاح الخلايا ، وربما تحديد بعض التراكيب الخلوية.

ومن عيوب هذا المجهر أنه إذا وضعت شريحة رقيقة من نسيج تحته فإنه لايمكن رؤية كثيراً من التفاصيل لأن معظم الخلايا شفافة ونفاذة لكل موجات الضوء المرئي ، مما يؤدي إلى ضعف أو عدم التباين (Contrast) بين الخلايا إلا في حالة خلية الدم الحمراء.

وللمقارنة بين الخلايا يجب زيادة التباين بصبغ الخلايا بمواد كيميائية تعمل على إمتصاص أطوال موجات معينة من الضوء المرئي ذات أطوال موجات محددة ، كما تستخدم هذه الصبغات لصبغ محتويات معينة من الخلية ، وذلك للتعرف على التراكيب الدقيقة.

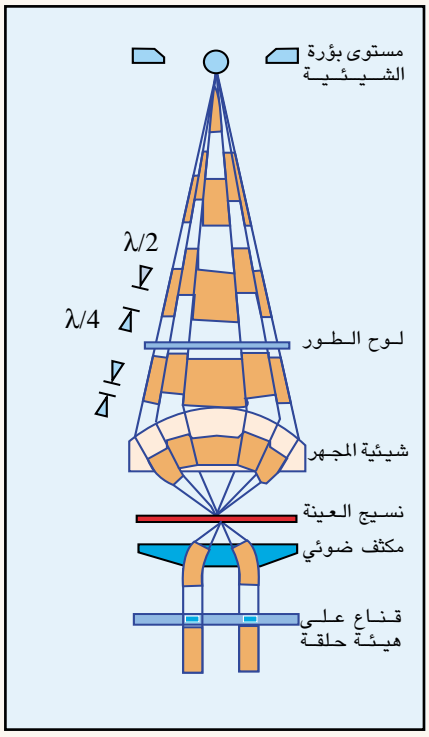
● مجهر طور التباين

يرجع الفضل ـ بعد الله ـ في تصميم مجهر طور التباين إلى العالم الهولندي **فريتس زيرنك** (Frits Zernike) الذي نجح عام ١٩٣٥م في اختراع طريقة يمكن بواسطتها تحويل التغير في طور الأشعة

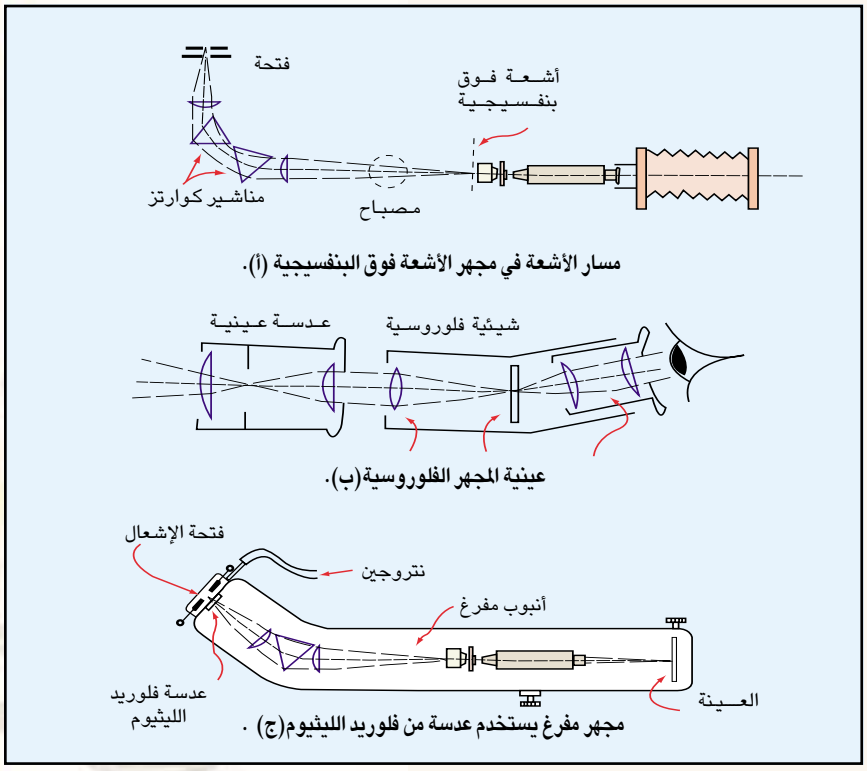
نتيجة مرورها في أوساط غير متجانسة شفافة ـ مثل الموجودة في الخلايا ـ إلى تغير في شدتها وبذا يمكن رؤيتها بالعين وقد أدى هذا الاكتشاف ـ استحق **زيرنك** عليه جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٥٣م ـ إلى معرفة الكثير من أسرار الخلايا الحية.

يؤدي إختلاف معاملات إنكسار الضوء بالنسبة للمكونات المختلفة للخلية إلى انتقال الضوء بسرعات مختلفة داخل أجزاء الخلية ، وبالتالي سيكون هناك إختلاف في طور موجات الضوء (phase changes) خلال الخلية. عليه فقد أدت هذه الظاهرة إلى التفكير في صناعة مايسمى مجهر طور التباين (phase- contrast microscope) ، الذي أمكن بواسطته رؤية تفاصيل ومكونات الخلية دون عمل صباغة، ولكن من عيوبها أنها تتسبب ـ في كثير من الأحيان ـ في تغيير كثير من خواص الخلية الفيزيائية وتؤدي في النهاية إلى بعض المشاهدات الكاذبة خاصة في القياسات الكمية.

يبين شكل (٣) مسار الأشعة داخل مجهر طور التباين، وهو يختلف عن المجهر الضوئي بأنه مزود بقناع على هيئة حلقة يوضح قبل المكثف الضوئي الغرض الأساسي منه إحداث تغير في طور الأشعة



● شكل (٣) مسار الأشعة داخل مجهر طور التباين .



● شكل (٤) مكونات الأنواع المختلفة من المجهر الوامض .

الساقطة على العينة والتي تزداد بعد مروره بها نتيجة لتراكيبها المختلفة. وعند مرور هذه الأشعة النافذة من العينة على لوح الطور يحدث بها تداخل يكون بعض منه بناء والآخر هدام، وبذلك يحدث تباين في العينة يمكن رؤية تراكيبها المختلفة.

● المجهر الوامض

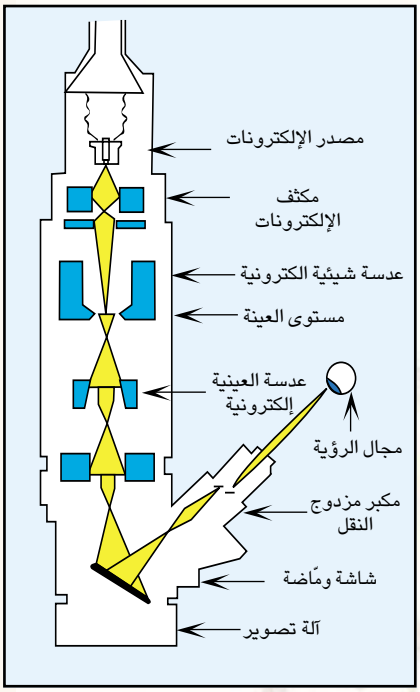
يستخدم المجهر الوامض (Fluorescent microscope) الأشعة فوق البنفسجية ، حيث تصبغ العينة المراد رؤيتها بمادة لها خاصية الوميض عندما تتعرض للأشعة فوق البنفسجية ، وتعد هذه الصبغات نافعة في تحديد أنواع الخلايا وتراكيبها المختلفة لأنها تمتص بدرجات متفاوتة وتشع ألوان مختلفة بشدات مختلفة حسب التركيب ونوع الخلية . وغالبا ما تسمى الخلايا بإسم الصبغة التي تتعرف عليها وتحددها، فعلى سبيل المثال فإن أحد أنواع خلايا الدم البيضاء أيوزينوفيل **(eosinophil)** ، لأنها تمتص صبغة الأيوزين **(eosin)** ، وهي صبغة وامضة.

ولتصوير الأنسجة بالمجهر الوامض تصبغ الأنسجة داخل جسم الإنسان الحي بصبغات غير ضارة ، على سبيل المثال من المعلوم أنه عندما يتناول المريض للمضاد الحيوي تتراسيكلين ، فإن جزءًا منه يتحد مع العظام النامية ، عليه فعند وضع عينة من العظام تحت المجهر الوامض فإن المناطق النامية دون غيرها سوف تعطي وميضاً أصفر أو برتقالي ، وهذا مفيد للتشخيص والعلاج ، ويوضح شكل (٤) مكونات أنواع مختلفة من المجهر الوامض.

● المجهر الإلكتروني

في عام ١٩٢٤م اكتشف **دبروجلي (De Broglie)** الطبيعة الموجية للإلكترونات هذا يعني إنه بالإضافة إلى أن الإلكترون له كتلة فإن له أيضاً خواص الموجات، وبالتالي استنتج أنه كلما زادت سرعة الإلكترون إنخفض طوله الموجي. بناءً على هذا الأكتشاف تم تصميم أول مجهر الكتروني عام ١٩٣٢م يعمل بالأشعة السينية منخفضة الطاقة بواسطة العالمان م. **نول (M. Knoll)** و **روسكا (E. Ruska)** من الجامعة التكنولوجية ببرلين.

وحيث أن هذه الأشعة تمتص بشده بالعناصر الثقيلة فإن الصورة الناتجة عن تعرض فلم حساس خلف ومجاور للنسيج المراد تصويره بالأشعة المذكورة سوف تحتوي على تفاصيل دقيقة حسب نوعية



● شكل (٥) مسار الشعاع الإلكتروني في المجهر النافذ.

وكمية العنصر الثقيل مثل الرصاص في الأنسجة المختلفة من الجسم، والكالسيوم في العظام وهكذا.

ومع تطور نظريات وتقنيات الفيزياء وصناعة أجهزة وأدوات ذات حساسية ودقة عالية تم التوصل إلى إمكانية تجميع حزمة الإلكترونات في بؤرة بواسطة عدسات إلكترونية وعدسات مغناطيسية على غرار ما تقوم به العدسة الزجاجية أو البلورة لأشعة الضوء، ومن ثم أمكن صناعة المجهر الإلكتروني (Electron microscope)، الذي أحدث طفرة وتقدم سريع في مناحي الحياة المختلفة، فعلى سبيل المثال تصل قوة تكبير الأنواع المتطورة من المجهر الإلكتروني إلى ٢٥٠ ألف مرة أو أكثر، وقوة فصل تصل إلى طول جزئي البروتين، وفي بعض الإحيان القطر الجزئي. وقد أمكن ليس فقط رؤية تفاصيل وتراكيب دقيقة، بل أمكن التوصل إلى إن الثقوب والقنوات وإنتقال الأيونات عبر غشاء الخلية أمكن التوصل اليها وبالتالي معرفة آلية عملها. وللمقارنة تصل قوة تكبير المجهر الضوئي إلى ألف مرة فقط، يمكن بواسطته رؤية جسم طوله حوالي ثلاثة أرباع المليميتر كأدنى حد.

الجدير بالذكر أن أول إستخدام للمجهر الإلكتروني تم بتصوير عينة بيولوجية لفيروس الدخان عام ١٩٤٥م في الولايات المتحدة الامريكية. ومنذ ذلك الحين تعددت استخدامات المجاهر الإلكترونية وتطورت في قدرتها على التكبير بواسطة زيادة سرعة الإلكترونات أي زيادة طاقتها بواسطة الجهد الكهربي والذي وصل قيمته الآن إلى أكثر من ثلاثة ملاين فولت.

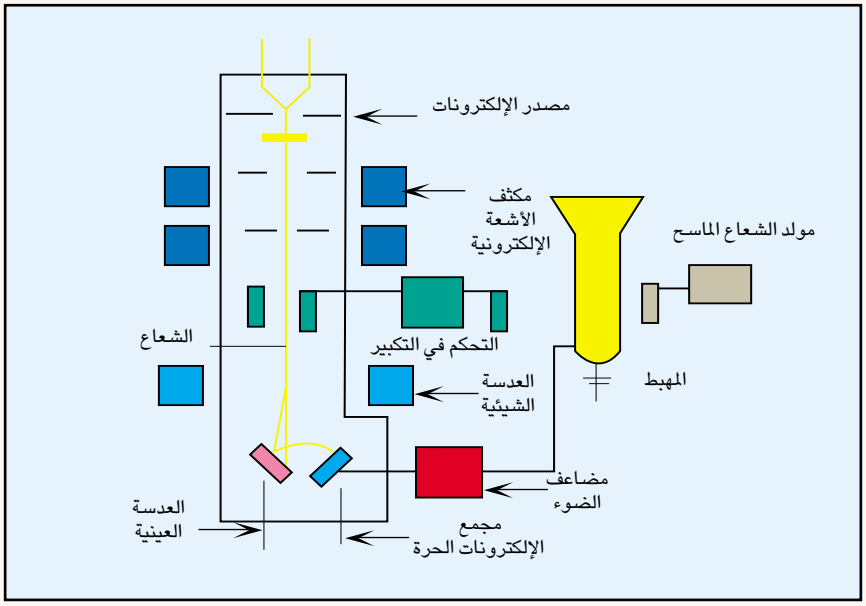
تنقسم المجاهر الالكترونية إلى قسمين رئيسين هما:

* **المجهر الالكتروني النافذ** (TEM)، ويعمل كما هو موضح بالشكل (٥) عن طريق تفريغ الهواء تماماً من الأنبوب. وتتولد الإلكترونات عن طريق فتيل مغطى بمهبط على شكل قلم. تسرع هذا الالكترونات بواسطة الجهد الكبير الذي يوضع على المصعد والذي بزيادته يقل الطول الموجي للإلكترونات ومن ثم تزيد قوة التحديد أو التبين (Resolving Power) والتي تصل الآن في المجاهر التي يطلق عليها مجاهر الجهد الفائقة من ٠,٢ إلى ٠,٣ نانو متر (٣×١٠^{-١٠} م). أي أن التكبير يمكن أن يصل إلى ٠,٣ مليون مرة.

تخرج الإلكترونات السريعة من المصعد عن طريق فتحة صغيرة جداً (وبذلك تماثل الأشعة الضوئية في المجهر الضوئي)، بعد ذلك يركز الشعاع الإلكتروني عن طريق

● مجهر الجهد الفائق.

المكثف الذي يمر في العينة ويخرج منها منحرفاً، ويعتمد هذا الإنحراف على كثافة الإلكترونات في العينة التي تزيد بزيادة كتل الذرات المكونة لها. وكلما زادت هذه الإنحرافات زاد تباين تركيبات العينة. وحيث أن العينات البيولوجية مكونة من ذرات الأكسجين، النيتروجين، الهيدروجين، الكربون قليلة الكثافة الإلكترونية فإن تباين الصورة ووضوحها



● شكل (٦) مسار الشعاع الإلكتروني في المجهر الماسح.

لهذه العينات تكون قلية، وبالتالي يجب معاملة العينات البيولوجية أثناء التحضير بإضافة مواد كيمائية (فلزات ثقيلة) لزيادة التباين بالإضافة إلى أن العينات يجب أن تكون ذات سمك قليل لا يزيد عن ٠,١ ميكرومتر. بعد مرور الإلكترونات من العينة فإنها تجمع بواسطة العدسة الشيئية الإلكترونية، وبالتالي تكون لها صورة تكبر بواسطة نظام من العدسات تسمى العدسة العينية. الصورة حيث يتم رؤية بالعين عن طريق سقوط الإلكترونات على شاشة ومّاضة أو تصور بواسطة آلة تصوير.

* **المجهر الالكتروني الماسح** (SEM)، ويعمل حسب ما هو موضح بالشكل (٦) بنفس مبدأ عمل المجهر الإلكتروني النافذ ولكن يختلف مسار الشعاع فيه. ويستخدم فقط في دراسة الأسطح الموصلة، أما في حالة العينات البيولوجية ـ لكي تصبح موصلة ـ فإنها تغطى بطبقة رقيقة من الفلز الذهب. ورغم أن قوة التحديد لهذا المجهر تكون قليلة مقارنةبالمجهر النافذ، إلا أنها تمتاز عنه بزيادة عمق الوضوح.

تتكون الصورة بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح عن طريق يقوم مسح جميع نقاط سطح العينة بواسطة الشعاع الإلكتروني وفي هذه الحالة تنطلق من العينة إلكترونات حرة تعتمد على تضاريس سطح العينة وزيادة سقوط الشعاع الالكتروني التي عند تجمعيها وتكبيرها بواسطة مضاعف الضوء تعطى الصورة التي تظهر على الشاشة الومّاضة.

المراجع

1.**Griffith, O. H., G. B. Birrell:** Photo-electron Microscopy.Trends in Biochem. Sci,10, 336-339 (1985).

2.**Hearle, J. W. S., J.T. Sparrow &P. M. Cross :** The use of Scanning electron Microscope, Oxford: Pergamon Press, 1972.

3.Tanaka, K.: Scanning electron Micros-copy of intrcelluler Structures, Intern. Rev. Cytology 68, 97-125 (1980).

جدل حول مضار الجوال

لايزال الجدل محتدماً حول مضار الهاتف الخلوي(cell phone) ،المعروف بالجوال، حيث أشارت دراسة حديثة على الحيوانات إلى أن استخدامه لفترة طويلة لايسبب السرطان ، بينما أشارت دراسة أخرى إلى أن استخدامه قد يضر بالإنسان بطرق أخرى.

ومع تزايد استخدام الجوال يدور الجدل حول مخاطره الصحية، وخاصة على الدماغ نتيجة لطاقة الأشعة الكهرومغناطيسية الصادرة عنه ، وبالرغم من تاكيدتلك البحوث على خطورة الكميات القليلة من الطاقة الناتجة عنه على حيوانات التجارب إلا أن العلماء غير متأكدين أن يكون لتلك الطاقة أثر معنوي على الإنسان .

وفي خطوة للإجابة على مدى خطورة الجوال على الإنسان قام باحثون من جامعة واشنطون للطب في سانت لويس بإخضاع مجموعتين من الفئران لنوعين من الأشعة الكهرومغناطيسية، تختلفان في الطول الموجي ،ولكنهما تمثلان المقادير التي تصدر عادة من الجوال .

ويذكر **جوزيف روتي روتي (Joseph Roti Roti)**ـ رئيس فريق البحث المذكور –أنهم وضعوا ٤٨٠ فأراً داخل حجرات مجاورة لهوائيات راديوية مختلفة بمعدل ٥ساعات يومياً ولمدة سنتين ، حيث خضع ثلث المجموعة إلى موجات كهرومغناطيسية تساوي في طولها الموجي الإشعاع الصادرمن الهاتف الخلوي الرقمي ، والثلث الثاني لموجات تساوي ما يصدر عن الهاتف الخلوي القياسي (العادي) ، أما الثلث الأخير فلم يخضع لأي موجات كهرومغناطيسية .

قام الباحثون في نهاية التجربة بفحص تلك الحيوانات لمعرفة وجود السرطان في المخ والأنسجة الأخرى– عددها ٣٠– حيث لم يتضح لهم وجود اختلاف معنوي بين الفئات الثلاث من حيث تفشي السرطان . ويخلص **روتي روتي** إلى تبرئة الجوال من السرطان، وأن خطورته قد تنحصر في استخدامه أثناء قيادة السيارة .

ويختلف علماء أخرون مع ماتوصل إليه **روتي روتي** مشيرين إلى أن الأطوال الموجية المستخدمة في تجربته قد لاتكون المستخدمة في أغلب الهواتف الخلوية السائده في العالم، حيث يعلق **روس أدى(W.Ross Ade)** ـ من جامعة لوماليندا في كاليفورنيا – أن ذلك قد ينطبق على الولايات المتحدة ،حيث تكثر الهواتف منخفضة الطاقة ،على عكس الهواتف المستخدمة في دول أخرى ،التي لديها إشعاعات يمكنها أن تنفذ إلى أعماق الأنسجة .

ومن جانب آخر أشارت تجربة أخرى في فلندا إلى تاثير الجوال على الخلايا، حيث قام فريق بحثي بقيادة **داروبز ليزينكسي (Dariusz leszczynski)** ـ من وكالة الحماية من الإشعاع والذرة في هلسنكي ـ بزراعة ٤٥٠٠ مورث بشري بالمختبر في وجود طاقة تساوي طاقة الإشعاعات الصادرة عن الجوال لمدة ٤٨ ساعة .

أظهرت الدراسة المذكورة تأثر ٢٠مورث بإشعاع الجوال ،حيث زاد نشاطها عن المعدل الطبيعي، كما حدث تغير في كمية البروتينات الناتجة عن تلك المورثات . ويعلق **ليزينكسي** أن النتائج الأولية تشير إلى أن بعض المورثات المذكورة تتحكم في انقسام الخلية واستجابتها للإجهاد ،ولكن من الصعب الجزم ـ في هذه اللحظة ـ بأن يكون لذلك أثر سلبي على الصحة .

كذلك أشار **ليزينسكي** إلى كيفية تأثير الجوال على زيادة نفاذية الأوعية الدموية في المخ التي أشارت اليها دراسات سابقة حيث اتضح من الدراسة المذكورة زيادة بروتين يدعى بروتين الصدمة الحرارية ـ ٢٧ (heat shock protien) عند استخدام الجوال، وتعمل زيادة هذا البروتين على زيادة ألياف الإجهاد (stress fibers) التي بدورها تشوه خلايا جدران الأوعية الدموية، وبالتالي زيادة نفاذية هذه الأوعية.

ويعلق **آلان بريس (Alan Preece)** من جامعة برستول بإنجلترا أن عمل **ليزينسكي** هام للغاية إذا أعيدت التجربة على جسم الإنسان ،حيث من الجائز جداً أن يكون للجوال مضار خطيرة عليه.

المصدر:
Science News,Vol 161, No 26, June 29,2002, P 404

عرض كتاب

الأشعة من حولنا

عرض: أ.د. يوسف حسن يوسف

قام بتأليف كتاب «الأشعة من حولنا» الأستاذ الدكتور محمد فاروق أحمد. وهو الكتاب الثالث من سلسلة كتيبات التوعية العلمية التي تصدرها الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. صدر الكتاب عام ١٤٢٢هـ - ٢٠٠٢م ويتناول من خلال فصوله الخمسة - جاء في ٩٢ صفحة من القطع المتوسط - أنواع الأشعة من حيث خصائصها وكيفية توليد شرائحها المختلفة وتأثيراتها والوقاية من مخاطر أنواعها المختلفة.

استهل المؤلف **الفصل الأول** من الكتاب بإعطاء نبذة تاريخية عن الأشعة الكهرومغناطيسية مستعرضاً الاكتشافات التي تمت خلال القرن التاسع عشر بواسطة **ميشل فاراداي** و **جيمس ماكسويل** و **هنريك هيرتز** والتي تمخض عنها ولوج عصر الإتصالات اللاسلكية وما تبعهما من استخدام النظم اللاسلكية مثل الراديو والرادار والتلفاز. بعد ذلك إستعرض الكاتب خصائص الموجات الكهرومغناطيسية (الفوتونات) مشيراً إلى أنها عبارة عن مجال كهربائي متعامد مع مجال مغناطيسي متغيران بتغير الزمن والموضع بين قيمة موجبة قصوى يطلق عليها القمة مروراً على الصفر إلى قيمة سالبة قصوى تدعى القاع. ويكون "اتجاه انتشار الموجة من نقطة تولدها دائماً عمودياً على أقصر المستقيمات الواصلة بين قمم الموجات أو قيعانها وخط الإنتشار" بحيث تصل الموجتان إلى القمة أو القاع معاً.

ويواصل الكاتب شرحه للموجات الكهرومغناطيسية مشيراً إلى أن المسافة بين قمتي الموجة أو قاعيها يطلق عليها طول الموجة (λ)، أما عدد الموجات - الإهتزازات - في الثانية الواحدة فيطلق عليه تردد الموجة (f)، وله وحدة تسمى الهيرتز تخليداً للعالم **هيرتز**. كما أن طول الموجة وترددها يرتبطان بسرعة الضوء في الفراغ (C) بالمعادلة: $C = \lambda f$

ويتواصل شرح الموجات الكهرومغناطيسية بأن أطوالها تتراوح بين أكثر من ألف كيلومتر في الثانية للموجات منخفضة الطاقة إلى حوالي ١×١٠^{-١٥} متر في الثانية للموجات فائقة الطاقة، مثل طاقة إشعاعات جاما. حيث ترتبط الطاقة الكهرومغناطيسية بعلاقة خطية مع تردد الموجة هي $E=hf$

حيث h ثابت بلانك ($٦,٦٣\times١٠^{-٣٤}$ جول ثانية) .

عليه فإن الطاقة الصادرة عن الموجة تزيد مع زيادة التردد، كذلك تتميز الموجة الكهرومغناطيسية بزخم (Momentum) يساوي طاقة الموجة مقسومة على سرعة الضوء، وبالتالي فإنه عند سقوط الضوء على سطح ما فإنه يقع على السطح ضغط يسهل حسابه.

ويسترسل الكاتب في شرح كيفية توليد بعض الموجات الكهرومغناطيسية في الهوائيات بواسطة التيار الكهربائي المتردد مشيراً إلى أن هناك أنواعاً متعددة من الهوائيات تختلف بإختلاف مصادر الذبذبات الكهربائية وأطوالها، وحسب الأغراض المستخدمة من أجلها، حيث منها ما يبث موجاته في جميع الاتجاهات أو إتجاه معين (رأسي أو عمودي).

يتناول **الفصل الثاني** شرائح الأشعة الكهرومغناطيسية من حيث المصادر والاستخدامات، مشيراً إلى أن الطيف الكهرومغناطيسي شديد الاتساع يمتد من موجات خطوط نقل التيار الكهربائي (٥٠-٦٠ هيرتز) إلى موجات أشعة جاما ($١٠^{٢٣}$ هيرتز)، ورغم أنه لاتوجد فواصل بين شريحة وأخرى من تلك الشرائح إلا أنه يمكن تحديدها حسب تطبيقاتها إلى:-

- شريحة الموجات فائقة الطول ويتراوح طولها من ٦ آلاف كيلو متر إلى واحد كيلو متر (ترددها بين ٥٠ إلى ١×١٠^{٥} هيرتز)، وتستخدم لأغراض الإتصالات المحلية بسبب أنخفاض ترددها، وبالتالي محدودية انتشارها في الفضاء لمسافات بعيدة. أما توليدها فيتم بإستخدام دوائر مهتزة عبارة عن ملف حثي ومكثف.
- شريحة الموجات الراديوية ويتراوح طولها من واحد كيلو متر إلى المتر الواحد (بتردد ٣٠٠كيلو هيرتز إلى ٣٠٠ ميقا هيرتز) وتستخدم في البث الإذاعي والتلفاز والرادار، حيث تتراوح موجات الراديو بين كيلو متر واحد إلى عشرة أمتار، بتردد ٣٠٠ كيلو هيرتز إلى ٣٠ ميغا هيرتز، أما البث التلفازي فيلزمه موجات ذات تردد من حوالي ٣٠ ميغا هيرتز إلى واحد ميغا هيرتز، بينما الموجات الدقيقة - تستخدم في الإرسال والرادار والاتصالات - يكون ترددها بين واحد غيغا هيرتز إلى ٣٠٠ غيغا هيرتز. إضافة إلى إستخدامها في التسخين بمختلف أنواعه سواء للإغراض الصناعية أو المنزلية - أفران الميكروويف - حيث يتم التسخين بسرعة شديدة.
- شريحة الأشعة تحت الحمراء ويتراوح ترددها بين ٣٠٠ غيغا هيرتز إلى $٤,٢\times١٠^{١٤}$ هيرتز وتعرف بشريحة الأشعة الحرارية بسبب تولدها من الأجسام والجزيئات الساخنة، وتمتص في صورة حرارة لأنها لاتستطيع الانتشار بعيداً، وتستخدم في أجهزة تصوير الأشعة تحت الحمراء والقياسات الطيفية الإهتزازية والعلاج الطبيعي.
- شريحة الضوء المرئي ويتراوح طول الموجة بين ٠,٧ ميكرون للضوء الأحمر إلى ٠,٤ ميكرون للضوء البنفسجي (التردد $٤,٢\times١٠^{١٤}$ إلى $٧,٥\times١٠^{١٤}$ هيرتز)، وتأتي هذه الشريحة بصفة أساسية من الشمس.
- شريحة الأشعة فوق البنفسجية وتمتد من

٠,٣٨ ميكرون إلى حوالي واحد نانو متر (١٠$^{-٩}$ متر)، وتأتي بصفة أساس من الشمس، كما يمكن إنتاجها بواسطة مصابيح شديدة التوهج للأغراض العلمية والطبية. وتساعد طبقة الأوزون في الاستراتوسفير على امتصاص تلك الأشعة.

– شريحة الأشعة السينية ويتراوح ترددها بين ١×١٠^{١٧} هيرتز إلى ٣×١٠^{٢٠} هيرتز وتتداخل تداخلاً كبير بين الأشعة التي قبلها والتي تليها، وتنتج عن تصادم الإلكترونات السريعة بالأهداف المادية، وتوجد بتراكيز مختلفة في شاشات التلفزة والحاسبات، وتستخدم في الطب والصناعة ولكن لها مخاطر وخيمة.

– شريحة أشعة جاما وهي شريحة عالية الطاقة يتراوح ترددها من ١٠^{١٨} هيرتز إلى أكثر من ١٠^{٢٣} هيرتز وتنطلق عند إثارة النوى عبر تفكك ألفا أو بيتا لتكوين نواة وليدة أو إثارة نواة غير قابلة للتفكك. وتتميز بطاقة عالية جداً تجعلهاتخترق الجدران الخرسانية وغيرها دون فقدها لطاقتها، وتستخدم في التشخيص والعلاج الطبي والتعقيم وفي المجالات الصناعية، كما أن التعرض لها ينجم عنه عواقب وخيمة.

يستعرض **الفصل الثالث** من الكتاب التأثيرات الضارة لبعض أنواع الأشعة المذكورة في الفصل الثاني فيذكر تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي المتمثلة في الإلتهابات والحروق الجلدية بسبب ارتفاع درجة الحرارة، موضحاً – في نفس الوقت – إمكانية تسبب الأشعة فوق البنفسجية في سرطان الجلد، كما تؤثر سلباً على شبكية وعدسة العين. كذلك أوضح الكاتب أن الدراسات أشارت إلى أن الأشعة المرئية يمكنها أن تقضي على بعض الكائنات الحية مثل البكتيريا.

بجانب ذلك تمت الإشارة في هذا الفصل إلى التأثيرات الضارة للموجات الدقيقة بسبب أثرها الحراري في الغالب الأعم، حيث يكون أكثر الاعضاء تضرراً العين والخصيتين، أما بخصوص التأثيرات غير الحرارية للموجات الدقيقة فلا تزال غير واضحة، ولكن هناك بعض المؤشرات لتأثيرها على القلب والدم والغدة الدرقية.

ثم أفرد المؤلف **الفصل الرابع** لأشعة الليزر موضحاً أن مصدر كلمة (Laser) أتت من الحروف الأولى من العبارة الإنجليزية (Light Amplificahon by Stimlated Emission Radiation) وتعني تضخيم الضوء بالإنبعاث (الحفزي) للإشعاع، وأن شعاع الليزر ينفرد – دون غيره – بأنه عبارة عن حزمة ضوئية وحيدة التردد والطاقة والطول الموجي ضمن شريحة الضوء المرئي – في العادة – أو الموجات فوق البنفسجية وتحت الحمراء.

وتختلف أشعة الليزر عن أشعة الضوء العادية بأنها لاتتشتت في مسارها حتى لو قطعت مسافات بعيدة، وهي عبارة عن حزمة لها زاوية تفرق تقترب من الصفر، لذا فإنها تكون ذات تركيز عال بالنسبة للمساحة التي تسقط عليها حتى لو أتت من مسافة بعيدة، وهي بذلك عكس أشعة الضوء التي تقل شدتها مع زيادة المسافة من المصدر.

ثم ينتقل الفصل المذكور إلى أجهزة توليد أشعة الليزر وأنواعها ذاكراً أن منها ما يعمل بنظام الحزمة المستمرة، ومنها ما يعمل بنظام الحزمة النبضية بنوعيه العادي وذو الإغلاق النوعي. كذلك يتناول الفصل التأثيرات البيولوجية لأشعة الليزر مستعرضاً مخاطرها على العين والجلد ومعايير الوقاية من تلك المخاطر مع سرد لبعض متطلبات الوقاية منها بالولايات المتحدة الامريكية.

استعرض **الفصل الخامس** والأخير من الكتاب الأشعة المؤينة من حيث التعريف بأنواعها وتأثيراتها وقياس جرعاتها ومصادرها وجرعات تعرض البشر لها. حيث أشار إلى أنها عبارة عن إشعاعات وجسيمات لها القدرة على تأيين ذرات المادة وأن خطورتها تكمن في أنها تتسلل إلى الجسم دون أن يحس بها الإنسان، وأنها لايمكن رؤيتها أو تحسسها، وأن التأيين الناتج عنها ينجم عنه مخاطر عدة. وأنها تنقسم إلى اشعاعات جاما والأشعة السينية – كلاهما من مجموعة الاشعة الكهرومغناطيسية – والجسيمات المادية – جسيمات ألفا وجسيمات بيتا – والنيوترونات والميونات – موضحاً أن هذه الأنواع من الأشعة المؤينة تعمل على تحويل ذرات الماء في الجسم إلى أيونات موجبة الشحنة وإلكترونات سالبة مكونة – خلال وقت وجيز جداً – الهيدروجين (H) والهيدروكسيد (OH) وجزيئات فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) مؤدية إلى تكسير الكروموسومات أو جزيئات ألـ (DNA) محدثة تغيرات قد تكون مستديمة في المورثات تؤدي إلى تشوهات في الخلية يمكن أن تنتقل وراثياً إلى الشخص المتعرض أو إلى أبنائه وأحفاده. هذا إذا لم تحدث أنواعاً من السرطانات القاتلة.

إضافة لذلك شرح المؤلف في هذا الفصل بعض المصطلحات المتعلقة بتعرض الإنسان للأشعة المؤينة مثل الجرعة الممتصة والمكافئة والفعالة والجرعة الفعالة الجماعية ومعامل الخطورة. كما استعرض المصادر الطبيعية للأشعة المؤينة ذاكراً أن تلك المصادر تتمثل في الأشعة الكونية – سواء كانت الأشعة الصادرة من المجرات أو الصادرة من الشمس – والأشعة الأرضية الطبيعية وغاز الرادون والمصادر الصنعية. ذاكراً أن الأشعة الكونية المجرية تأتي للأرض من المجرات البعيدة وتتضمن جسيمات مشحونة، مثل البروتونات، وجسيمات ألفا، وأيونات بعض العناصر الثقيلة. وأن طاقة تلك الجسيمات قد تصل إلى مئات الألاف من الميغا إلكترون فولت، وأن كثافتها تزداد أثناء فترات النشاط المنخفض للشمس وتتأثر بالمجال المغناطيسي للأرض خاصة بالقرب من خط الاستواء.

أما الأشعة الكونية الشمسية فتتميز بانخفاض طاقتها مقارنة بالأشعة الكونية المجرية – وتصل هذه الطاقة إلى حوالي ألف ميغا إلكترون فولت كأقصى حد – وأنه يغلب عليها البروتونات وجسيمات ألفا.

كذلك استعرض المؤلف في هذا الفصل مخاطر الأشعة الكونية على رواد الفضاء خاصة في فترات الوهج الشمسي، وكذلك جرعات التعرض البشري لها مشيراً إلى أن معدل الجرعة يزداد بارتفاع المستوى فوق سطح البحر وبزيادة خط العرض شمالاً وجنوباً، وأن السفر بالطائرات يتسبب في زيادة الجرعة التي يتلقاها المسافرون والطيارون خاصة في الطيران الأسرع من الصوت الذي يتطلب طيران يزيد علوه عن ١٥كم.

يعد الكتاب من أجود الكتب وأقيمها التي تناولت هذا المجال الهام، وقد تميز بسلاسة الأسلوب والتبويب الجيد، ورغم صعوبة الموضوع للفئات المستهدفة إلا أن الكاتب استطاع أن يقربه لتلك الفئات. ولكن يعاب عليه استعراضه لبعض قياس المصطلحات التي تهم المتخصص أكثر من الشخص العادي مثل: قياس الأشعة المؤينة والمعايير الدولية للتعرض وغيرها.

كتب صدرت حديثا

برنامج تعليم سلامة المرور في كليات التربية
الجوانب المعرفية لنظام المرور

صدرت الطبعة الثالثة من هذا الكتاب عن مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ، وهو عبارة عن دراسة بحثية تم تدعيمها من قبل المدينة. قام بالبحث كل من الدكتور **خالد عبدالرحمن السيف** كباحث رئيسي والدكتور **عبدالله إبراهيم الحمدان** والدكتور **عبدالجليل السيف** والدكتور **إبراهيم محمد الشافعي** كباحثين مشاركين.

تتوزع صفحات الكتاب الثلاثمائة وست وثلاثون صفحة على شكر وتقدير، والخطة الدراسية لتعليم سلامة المرور، والمادة التعليمية لمقرر الجوانب المعرفية لنظام المرور وثمانية أبواب تقسم إلى واحد وعشرون فصلاً.

يغطي الباب الاول تعريفات، ورخص القيادة في الباب الثاني، وقواعد المرور في الباب الثالث، ويقسم إلى عشرة فصول تغطي قيادة المركبات والحيونات، والسير على الطرق، والتلاقي والتجاوز، والإنعطاف والتبديل، وأفضلية المرور، وحدود السرعة، وإستعمال المنبهات، والوقوف والتوقف ، والإنارة والإشارة، والشاحنات. أما التسجيل واللوحات والفحص الفني فيعالجها الباب الرابع من خلال ثلاثة فصول، هي: التسجيل ورخص السير، واللوحات، والفحص الفني، ويتطرق الباب الخامس إلى المستلزمات الفنية التي يجب تجهيز المركبة بها، وذلك من خلال ثلاثة فصول تعالج المكابح، والأنوار، وأجهزة مختلفة. ويختص الباب السادس بقياس المركبات وحمولتها ووزنها، ويعالج الباب السابع المخالفات المرورية من خلال فصلين هما إجراءات ضبط المخالفة، والجزاءات وإجراءات الفصل فيها . أما الباب الثامن والاخير فيتعلق بالحوادث ويعالجها من خلال ثلاثة فصول هي: اجراءات التحقيق، وتحديد المسؤولية، والعقوبات.

إدارة المراعي الأسس والتطبيقات

هذا الكتاب من تأليف كل من **جيري هولشك** ، **وروكس بايبر** ، **وكارلتون هيربل** ، قام بترجمته إلى العربية **الدكتور عبدالعزيز بن محمد السعيد.**

وقد صدر عن النشر العلمي والمطابع بجامعة الملك سعود عام ١٤٢٢هـ، ويقع في ٦٣٠ صفحة من القطع الكبير، ويشتمل على مقدمة للمترجم وتوطئة ومقدمة للمؤلفين وسبعة عشر فصلاً يختتم كل منها بقائمة المراجع ، وفهرس المصطلحات (عربي ، انجليزي) ، وفهرس للاسماء العلمية والعربية والانجليزية للنباتات الواردة في الكتاب وكشاف الموضوعات.

عالج الكتاب سبعة عشر موضوعاً رئيساً، خصص لكل منها فصل مستقل وهي :

الانسان والمراعي، والصفات الطبيعية للمراعي، وتاريخ إدارة المراعي،ووصف طراز المراعي، وفسيولوجيا نباتات المراعي، وتربية المراعي، وحصر المراعي ، واعتبارات حول معدل التحميل ، واختيار طرق الرعي، وطرق تحسين توزيع الماشية، وتغذية حيوانات المراعي، وانتاج الماشية في المراعي، وادارة الحياة الفطرية في المراعي، وإدارة المراعي للاستغلال المتعدد، وتحوير الغطاء النباتي، وادارة المراعي في الدول النامية، وتطبيقات الحاسب الآلي والمستقبل.

لوحات التوزيع والتحكم الصناعي الكهربي

صدر هذا الكتاب عام ٢٠٠١م عن دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع بجمهورية مصر العربية، وهو من تأليف المهندس **سمير عاشور**. يقع الكتاب في ٢١٦ صفحة من القطع المتوسط، يقسم الكتاب إلى ثمانية فصول وملاحق وثبت المراجع.

يغطي الفصل الأول مفاتح التلامس من خلال تركيبها ورموزها وإختباراتها واستخداماتها. أما الفصل الثاني فيتعلق بعناصر الحماية . أما الفصل الثالث فيتحدث عن المحركات الحثية ثلاثية الأوجه، والتحكم الألكتروني فيها وسرعتها. أما الفصل الرابع فيتناول أنواع خاصة من المحركات مثل المحركات المتدرجة والمحركات الحثية الخطية ومحركات السنكرو. ويتناول الفصل الخامس عناصر التحكم بالهواء من حيث تصنيفها والمواد الداخلة فيها والتحكم في سرعتها. ويتطرق الفصل السادس إلى أجهزة القياس فيغطي الأميتر والفولتميتر والأجهزة ذات السلك الساخن والميجر، وأجهزة الحث الكهرومغناطيسي وأجهزة قياس الطاقة وأجهزة قياس التردد. أما الفصل السابع فتناول ملحقات التحكم مثل التايمرات ومفاتيح نهاية الشوط ومفاتيح الخلايا الضوئية ولمبات البيان ومفاتيح التشغيل ومحولات التيار. وتطرق الفصل الثامن إلى بعض الدوائر التطبيقية.

حزام الأمان

إعداد : د. ناصر بن عبدالله الرشيد

يتعرض مئات الألوف من البشر يومياً لحوادث السيارات، ويذهب ضحيتها عشرات الألوف من البشر، وقد شغل هذا بال مصممي وصانعي السيارات لإيجاد الحلول المناسبة لمنع وتقليل النتائج المترتبة على تلك الحوادث، ويعد حزام الأمان (Seat belt). من أهم ماتوصلت إليه تقنيات السلامة المرورية لحل هذه المشكلة، وقد كان له - بإذن الله - دور بارز في تقليل الوفيات وتخفيف الإصابات، إذ دلت الإحصائيات التي أجرتها إدارة أمن ومرور الطرق السريعة الوطنية في الولايات المتحدة الأمريكية على أن حزام الأمان أنقذ - بإذن الله - حوالي ١٢٠٠٠ في الولايات المتحدة خلال عام ٢٠٠٠ م، وأن حوالي ٩٠٠٠ من الضحايا عام ٢٠٠٠ م كان يمكنهم تلافي الوفاة (بإذن الله) لو استخدموا حزام الأمان.

تنبني الفكرة الاساسية لحزام الأمان على منع الراكب من الاصطدام بطبلون السيارة، أو الارتماء خارجها خلال الزجاج الأمامي عندما تتوقف السيارة فجأة نتيجة لحادث إصطدام، وذلك لأن جسم الراكب يكتسب سرعة السيارة، ولكن ليس له القدرة على التوقف الفجائي، وهذا مايعرف بمدأ القصور الذاتي.

عرض الحزام لأول مرة في السيارات الأمريكية عام ١٩٤٧م، وفي عام ١٩٥٦م وفرت شركة فورد الحزام في السيارات التي ستباع داخل أمريكا، وفي عام ١٩٦٤م أصبح الحزام صفة قياسية (Standard Feature) للسيارات الأمريكية. وبعد ذلك بعامين أصبح الحزام الخلفي قياسياً، وفي عام ١٩٦٧م أصبح الحزام الأمامي إلزامياً، وبعده بعام واحد فقط أصبح حزام الكتف إلزامياً، أي في عام ١٩٦٨م.

● شكل (١) .كيفية ربط الحزام

تتصل معظم أحزمة الأمان الحديثة بهيكل السيارة عن طريق ثلاث نقاط إثنتان منهن داخل هيكل السيارة والثالثة تقع بجانب الراكب وهي التي يستخدمها في ربط الحزام، شكل (١).

ترصد وحدة التحكم حركة الحساسات الاليكترونية أو الميكانيكية التي تستجيب للإنخفاض المفاجئ في سرعة السيارة نتيجة لعملية الإصطدام، فيعطي المعالج الإشارة للشداد لكي يعمل، ومن ثم تنطلق الأكياس الهوائية في السيارات إذا كانت مجهزة بها.

أنـــواع الأحـــزمة

تحتوي العديد من السيارات الحديثة على أحزمة أمان تربط يدوياً، بينما قد توجد سيارات أقدم منها تربط فيها الأحزمة آلياً، وعليه فإنه يمكن تقسيم الأحزمة إلى نوعين هما:

● الأحزمة اليدوية

هي التي يتم ربطها يدوياً، وتوجد عادة في المقاعد الخلفية ومعظم المقاعد الأمامية للسيارات، تزود معظم السيارات الأقدم بحزام للحوض فقط في المقاعد الخلفية الجانبية؛ وفي بعض الأحيان تزود بحزام للكتف، بينما يشتمل المقعد الخلفي الأوسط على حزام للحوض فقط.

وبالنسبة للسيارات الحديثة تزود بعض المقاعد الخلفية الجانبية بحزام للحوض وللكتف في المقاعد الخلفية الجانبية، وقد يوجد في بعضها حزام الحوض والكتف للمقعد الخلفي الاوسط.

● الأحزمة الآلية

تعرف الأحزمة الآلية بتلك التي تلتف حول جسم السائق أو الراكب آلياً ودون تدخل منه ، وذلك بمجرد جلوسه على مقعده وقفل باب ا لسيارة، وتصنف إلى نوعين:

* **أحزمة بمحرك:** تحرك آلياً بمجرد مايجلس السائق خلف المقود ويقفل باب السيارة، وفي بعض السيارات يجب أن يدار مفتاح تشغيل السيارة حتى يتحرك الحزام ويحيط بجسم السيارة ، في هذا النوع يجب على السائق أن يربط حزام الحوض يدوياً ، ولكي يعمل هذا الحزام بكفاءة عالية فإنه يجب ربط حزام الحوض ويجب الإشارة إلي أن جميع الأحزمة الآلية مجهزة بألية فك الحزام عند الطوارئ.

* **أحزمة بدون محرك:** ويمكن تصنيفها إلي نظامين هما:

- **النظام الأول**، وفيه يتصل كلاً من حزام الكتف وحزام الحوض بباب السيارة من الداخل، وبالتالي يدخل السائق (الراكب) من تحته فيلتف حول جسمه آلياً عند قفل باب السيارة مباشرة.
- **النظام الثاني**، وفيه يتصل حزام الكتف فقط بباب السيارة ويتحرك ليحيط السائق

بمجرد قفل باب السيارة، أما حزام الحوض فيجب ربطه يدوياً من قبل السائق.

مكونات حزام الأمان

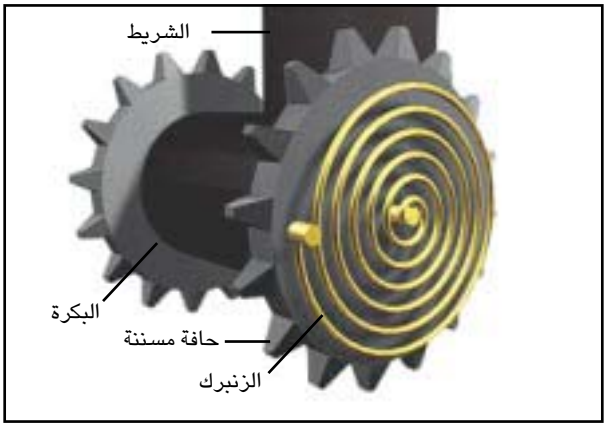
يتكون حزام الأمان كما في الشكل (٢)، من الأجزاء الرئيسة التالية:

● الشريط

يتكون الشريط (Web) من نسيج مرن قابل للتمدد بدرجة محددة لكي يخفف من آثار التوقف الفجائي للمركبة ، ولايسمح بارتطام جسم الراكب بالأجزاء الأمامية للسيارة، مثل عجلة القيادة أو طبلون السيارة أو الزجاج الأمامي للسيارة، ويتصل أحد طرفي الشريط بهيكل السيارة القوي أما الطرف الآخر فيتصل بالشداد، ويوجد على الشريط بين تلك النقطتين لسان قد يكون ثابتاً أو قابلاً للحركة يمكن تثبيته في مزلاج تشكل نقطة الإرتباط الثالثة. يفصل هذا اللسان شريط الحزام إلى جزءين يطلق على أحدهما: حزام الكتف حيث يمر خلال صدر مستخدمه ، بينما يطلق على الآخر: حزام الحجر والذي يمر من حجر (منطقة الحوض) الراكب ، تتميز تلك المناطق (الصدر والحوض)، بأنها أقوى مناطق الجسم صلابة ومقاومة.

● الشداد

تتمثل مهمة الشداد (Retractor)، في إبقاء الحزام مشدوداً على جسم الراكب بحيث لايسمح بأي إرتخاء يؤدي إلى حركة الراكب إلى الأمام عند حدوث الإصطدام أو التوقف الفجائي، وبالتالي يحمي الراكب من الارتطام بالاجزاء الصلبة من جسم السيارة.



● شكل (٢) . الأجزاء الرئيسية لحزام الأمان

يتكون الشداد من جزءين، هما:

* **البكرة (Spool)**: وهي الجزء الرئيس في الشداد، و يتصل بها أحد طرفي الحزام، ويلتف عليها في الوضع الإعتيادي ويوجد لها حافتان مسننتان على شكل تروس (Gears).

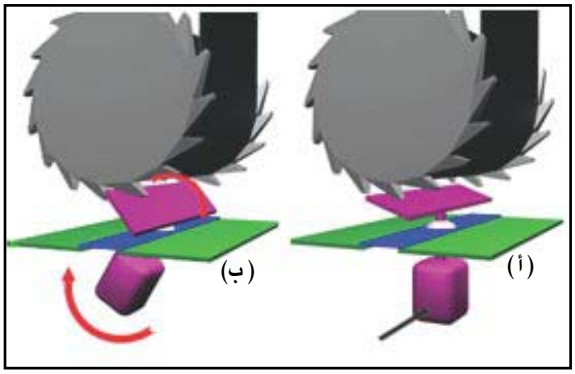
* **الزنبرك (Spring):** ويثبت على البكرة بحيث يتصل طرفه الداخلي بالمحور الذي تدور حوله البكرة والطرف الآخر (الخارجي) يثبت على جانب البكرة، ويكون إتجاه لفات الزنبرك مع إتجاه عقارب الساعة، وهو نفس إلتفاف شريط الحزام على البكرة.

تتمثل مهمة الزنبرك في إعادة لف شريط الحزام على البكرة، وشده على جسم الراكب مع إبقاء إمكانية حركة الراكب في الوضع الإعتيادي من الحركة إلى الإمام والى الجانبين، فعندما يسحب السائق (الراكب) الحزام لكي يربطه حول جسمه فإن البكرة تدور عكس عقارب الساعة، وبالتالي يدور الزنبرك بعكس إتجاه لفاته، مما يولد مقاومة لسحب الحزام، ولذا فإن الزنبرك يحاول العودة إلى وضعه الطبيعي فيعمل على شد الحزام على الجسم والتخلص من أي أرتخاء فيه.

● القفل

يشتمل كل حزام على آلية قفل تعمل علي إيقاف دوران البكرة التي يلتف عليها الشريط، وبالتالي تمنع إستطالته عند حدوث الإصطدام، أو توقف السيارة الفجائي، مما يعمل على إبقاء الراكب في مقعده، وتوجد عدة آليات لقفل الحزام منها:

* **الميكانيكية:** وتعتمد هذه الآلية بشكل أساس على الحركة، ويمكن تصنيفها إلى نوعين، هما:

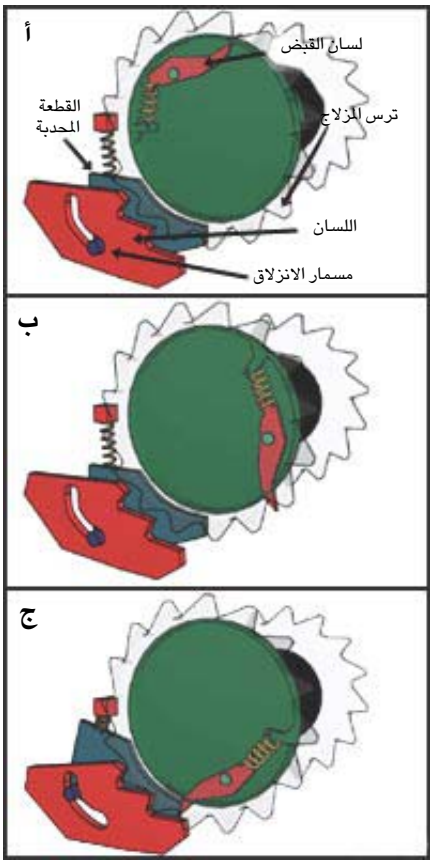


● شكل (٣) .آلية النقل الميكانيكية بحركة السيارة

ـ حركة السيارة: وفي هذه المجموعة يتم قفل البكرة عندما تنخفض سرعة المركبة بصورة مفاجئة، كما في حالة حوادث الإصطدام، بواسطة قفل يتمثل في ثقل بندولي يتصل بالطرف العلوي لذراعه لسان معدني (Pawl) يكون اللسان في الوضع الاعتيادي، شكل (٣ـأ).

أما عندما تتوقف السيارة فجأة فإن القفل البندولي يتحرك إلى الأمام (حسب قانون القصور الذاتي)، مما يؤدي إلى تحرك اللسان إلى الوضع الرأسي، وبالتالي يتخلل بين أسنان الترس فيعمل على إيقاف دوران البكرة، ويمنع إستطالة شريط الحزام شكل (٣ـب) ولهذا يبقى الراكب ثابتاً في مقعده.

ـ حركة الحزام: وتتم نتيجة لسحب الحزام بقوة بفعل التوقف الفجائي للسيارة وإندفاع جسم الراكب إلي الأمام ساحباً معه الحزام، مما يؤدي إلى دوران البكرة بسرعة، والتي يوجد عليها لسان القبض (Clutch lever) شكل (٤ـأ)، فتتولد قوة طرد مركزية تعمل علي إنطلاق لسان القبض، فيبرز عن مستوى محيط البكرة شكل (٤ـب)، و أثناء دوران البكرة يمر اللسان علي قطعة معدنية محدبة (Cam) يتصل بها مزلاج له أسنان يتحرك عليها بواسطة مسمار إنزلاق (Sliding pin) ، وتؤدي حركة القطعة المعدنية المحدبة باتجاه عقارب الساعة إلى إقتراب المزلاج من الترس المسنن فتتداخل الأسنان مع بعضهما البعض فيعمل على منع البكرة من



● شكل (٤) .آلية القفل الميكانيكية بحركة الحزام

الدوران، الشكل (٤ـ ج).

***الكهربائي:** وفيها تحل أجهزة كهربائية محل الطرق المكانيكية لإستشعار أي إنخفاض مفاجيء في سرعة المركبة، وبالتالي إرسال الإشارات إلى الشداد لتفعيل آلية القفل، وقد تكون تلك الأجهزة مرتبطة مع الدوائر الكهربية لتشغيل الأكياس الهوائية.

***التقنية الحرارية:** وتعمل آلية قفل الحزام بالتقنية الحرارية (Pyrotechnics) على التخلص من أي أرتخاء في الحزام، وتثبيت الراكب بقوة في مقعده عند حدوث أي تغير مفاجئ في سرعة أو إتجاه السيارة نتيجة لتعرضها لحادث إصطدام، حيث يعمل هذا النوع على سحب شريط الحزام إلى الداخل ومنع إرتطام جسم الراكب بالأجزاء الأمامية من جسم السيارة.

تتكون آلية قفل الحزام الحراري، شكل(٥أ)، من غرفة لغاز قابل للإحتراق، توجد داخلها غرفة صغيرة تحتوي على مادة مشتعلة، وتجهز الغرفة الصغيرة بقطبي كهرباء تتصل مباشرة بالمعالج المركزي.

عندما يتم رصد عملية الاصطدام فإن وحدة التحكم تمرر في الحال تياراً كهربائياً عبر الأقطاب، فتتولد داخل الحجرة الصغيرة شرارة تعمل على إشعال المادة المشتعلة، وهذه بدروها تعمل على احتراق الغاز الموجود في الحجرة الكبيرة، وينتج عنه كمية كبيرة من الغازات تضغط على إسطوانة جريدة (عمود) مسننة (Rack gear) مستقرة على فتحة في أعلى الحجرة، فيؤدي ذلك إلى دفع الإسطوانة والجريدة المسننة المتصلة بها بقوة وبسرعة إلى الأعلى شكل(٥ب) فتتداخل أسنانها مع أسنان الترس المتصل ببكرة الشداد فتدور بسرعة مؤدية إلي لف الحزام، وبالتالي سحب جسم الراكب وتثبيته بقوة وشده على مقعده.

محددات تحمل الحزام

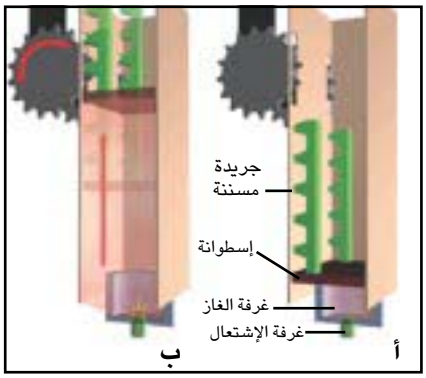
تحدث في بعض الأحيان أضراراً جسيمة لمستخدم الحزام نتيجة لقوة الشد التي تتعرض لها المناطق التي يمر عليها الحزام، وذلك عندما يكون التوقف مفاجئاً وعنيفاً، ولذ يجب تخفيف عملية الشد على جسم مستخدم الحزام عندما تتجاوز حد معين. ويستخدم لذلك ما يعرف بمحددات التحمل (Load Limiters)، ويتمثل ذلك في إستطالة الحزام بمقدار قليل عندما يتعرض لقوة شد عالية من جسم الراكب، ومن الأمثلة على ذلك، ما يلي:

● وضع ثنيات في شريط الحزام

تخاط ثنيات في حزام الأمان بخيوط ذات تحمل شد معين، بحيث تنقطع عندما يتعرض الحزام لقوة شدة تفوق قدرته على المقاومة، فيؤدي ذلك إلى فك الثنية، ومن ثم إستطالة الحزام، وهذا يعمل على تحرك جسم الراكب قليلاً إلى الأمام، وتخفيف الضغط على جسمه، وبالتالي التقليل من الأضرار.

● إضافة قضيب قابل للإلتواء

تعتمد محددات التحمل في بعض الحالات الأكثر تطوراً على وجود قضيب قابل للإلتواء (Torsion Bar) في آلية شد الحزام، وهو عبارة عن قضيب معدني قابل للإلتواء يحافظ على شكله في حالة الحوادث الخفيفة، ولكنه يلتوي عندما يتعرض لقوة تفوق قدرته على المحافظة على شكله المستقيم، فيؤدي ذلك إلى إستطالة محدودة في شريط الحزام، تساعد في التخفيف من أثر التوقف الفجائي.



● شكل (٥) .آلية قفل الحزام بالتقنية الحرارية

سيارات حديثة وحزام مريح

تتمتع السيارات الحديثة ـ نتيجة للتطورات المتوالية التي طرأت على صناعتها ـ بالعديد من المميزات والخصائص التي تجعل من حزام الأمان أكثر راحة وأماناً دون أن تؤثر على فائدته وكفاءته، ومن أهمها مايلي :

● ضوابط حزام الكتف

تسمح ضوابط حزام الكتف (Shoulder Belt Adjusters) للطرف العلوي منه بالمرور خلال الصدر وبعيداً عن الرقبة، تشتمل ضوابط حزام الكتف على مثبتات متحركة لرفع وخفض مستوى حزام الكتف، كما تشتمل على مشابك توجيه تتصل بداخل السيارة لتحريك الحزام بعيداً عن الرقبة.

● التحكم في إرتفاع المقعد

تتمتع بعض السيارات بمواصفات منها إمكانية التحكم في إرتفاع وإنخفاض المقاعد الأمامية من السيارة(Adjustable Seat Hieght) مما يتيح للأفراد قصيري القامة رفع المقعد حتى يمر الحزام براحة تامة على وسط الكتف بعيداً عن الرقبة.

● تطويل الحزام

عندما يكون طول الحزام غير كاف لربطه حول جسم الراكب نتيجة للسمنة الزائدة للسائق فيمكن لوكيل السيارة المعتمد إطالته لكي يتناسب مع جسم السائق.

إصلاح الحزام بعد الحادث

يلزم ـ في معظم الأحوال ـ تبديل أحزمة الأمان بعد الحوادث لأنها تكون قد تمددت أثناء الحادث. أما في حالة الأحزمة الكهربائية وأحزمة التقنية الحرارية فإن أجزاء محددة منها يجب أن تستبدل، لأنها من الأجزاء ذات الإستخدام لمرة واحدة فقط.

المصادر

www.actsinc.org/safetybelts-1
www.howstuffworks.com/seatbelts
www.lemurzone.com/airbag/belt.

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

قياس إرتفاع الجبل

كثيرة هي المبادئ والقوانين الرياضية التي مرت علينا في حياتنا الدراسية، ولكن القليل منها الذي نُفَعِّلُه في حياتنا اليومية، ولعل من الأهداف الأساسية لهذا الباب في **مجلة العلوم والتقنية** هي تحفيز القارئ الكريم على تطبيق المبادئ والقوانين الرياضية في حياته اليومية لحل ما يواجهه من معضلات .. وسؤلنا لهذا العدد هو:

كيف يمكن قياس إرتفاع جبل من جهة واحدة فقط ومن مسافة بعيدة منه من دون الوصول إليه أو الصعود عليه باستخدام وحدات قياس المسافة (المتر) واداة قياس الزاوية (المنقلة)؟.

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة «**قياس إرتفاع الجبل**» فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

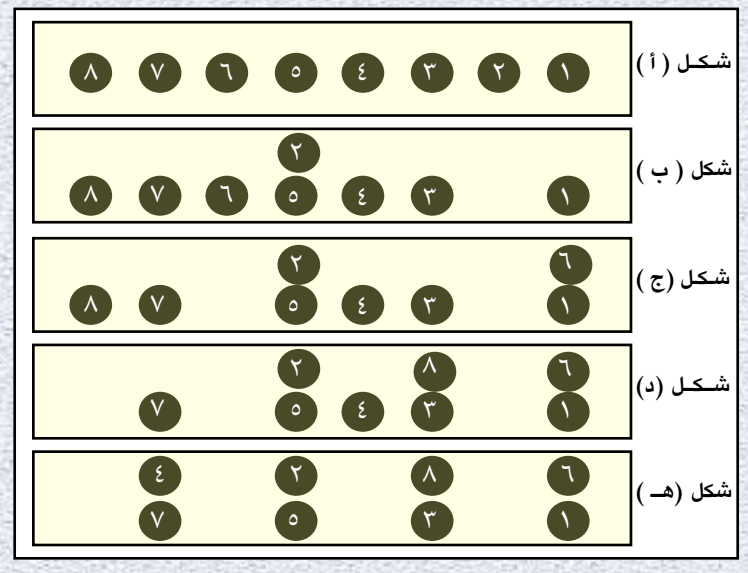
سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد السابق

(القطع المعدنية)

قراءنا الأعزاء

إن المفتاح الرئيس للحل هو إدراك أن المقصود بالحركة في إتجاه واحد، حيث يعني الحركة مع أو ضد عقارب الساعة أو إدراك أن المرور فوق قطعتين يعني قطعتين حقيقتين منفردة أو مجتمعة، وهناك العديد من الحلول ولكن سنذكر أحدهما فيما يلي:ـ



أولاً: قم بترقيم العملات من (١ـ ٨) شكل (أ)

ثانياً: حرك القطعة رقم ٢ مروراً على القطع ٣ ، ٤ وضعها على القطعة ٥ شكل ب

ثالثاً: حرك القطعة رقم ٦ مروراً على القطعتين ٧ ، ٨ وضعها على القطعة رقم ١ شكل (ج)

رابعاً: حرك القطعة رقم ٨ مروراً على القطعتين ٦ ، ١ وضعها على القطعة رقم ٣ شكل (د)

خامساً: حرك القطعة ٤ مروراً فوق القطعتين ٢ ، ٥ وضعها فوق القطعة ٧ شكل (هـ)

وبذلك تحصل على أربع مجموعات مزدوجة هي (٦ ، ١)، (٨ ، ٣)، (٥,٢)، (٧,٤).

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد **السابق**، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة، وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من :

١ـ أسامة محمد علي ـ الرياض

٢ـ عبدالله ناجي الشافعي ـ الدمام

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة .

البحث الوطني لدراسة الاعاقة لدى الأطفال بالمملكة العربية السعودية

تعد البحوث والدراسات المتعلقة بالأطفال المعوقين في المملكة شحيحة للغاية ، لذلك قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بتمويل البحث المشار اليه تحت رقم أ ت -١٥-١ .

أجري البحث في الفترة من ١٤١٧هـ إلى ١٤٢٠هـ بجامعة الملك سعود، وكان الباحث الرئيسي أ.د. **محسن بن علي فارس الحازمي** .

● أهداف البحث

١- التعرف على حجم مشكلة الإعاقة لدى الأطفال على المستوى الوطني.

٢- تحديد أنواع الإعاقات وتوزيعها في مختلف مناطق المملكة.

٣- التعرف على مختلف العوامل ذات الصلة بالإعاقة.

٤- التعرف على الخدمات المتوفرة ، كماً ونوعاً ، سواء من قبل الدولة أو المؤسسات أو الجمعيات الخيرية.

● خطوات البحث

صممت طريقة البحث بهدف معرفة حجم الإعاقة وأنماطها والعوامل المتعلقة بها ، وقاية وعلاجاً وتأهيلاً ، في المملكة العربية السعودية ، حيث اشتملت على الجوانب التالية:

١- تمثل العينة التي تم دراستها الأطفال السعوديين دون سن السادسة عشرة من مختلف أنحاء المملكة ، خلال مدة الدراسة.

٢- تم تصميم الدراسة باستخدام المنهج المسحي ، ضمن خطة علمية تمثل المجتمع المراد دراسته والتعرف على الواقع الفعلي لحجم الإعاقة والخدمات المقدمة والمطلوبة من مختلف القطاعات الحكومية لخدمة المعوقين.

٣-بلغ حجم العينة المستهدفة ٦٠٨٠٠ طفلاً دون السادسة عشرة موزعين على مختلف مناطق المملكة ، مع الأخذ في الاعتبار العوامل الجغرافية والادارية والعلمية ، وقد تم تقدير العدد المطلوب بناء على التوزيع الجغرافي والكثافة السكانية في المدن والمراكز والقرى والهجر.

٤- تم اختيار أعضاء لجان الإشراف والمتابعة للبحث بكل منطقة من منسوبي وزارة الصحة ووزارة العمل والشؤون الإجتماعية ، ووزارة المعارف والرئاسة العامة لتعليم البنات ، وتم اختيار أعضاء الفريق البحثي ليقوم بأعمال التنسيق للبحث والتدريب على كيفية تنفيذ الدراسة.

٥- تم عقد حلقتي إعداد وتهيئة للمنسقين بمقر " مركز الأمير سلمان لأبحاث الإعاقة " بالرياض على مدى يومين لكل حلقة خلال العامين الأولين- حضرهما منسقو لجان الإشراف والمتابعة للبحث وبعض أعضاء فرق العمل ، كما قام الباحث الرئيس وفريق البحث المساعد بزيارة العديد من المناطق خلال مراحل تنفيذ البحث لشرح خطة تنفيذ الدراسة والإطلاع على الصعوبات وتذليلها .

٦- اعتمد في طريقة جمع العينة على الاختيار الطبقي التجمعي العشوائي بهدف تقليل والتحيز إعطاء صورة ممثلة للمملكة .

٧- تم اختيار أحياء مختلفة من منطقة الرياض تمثل كافة فئات المجتمع بمختلف مستوياته لتنفيذ دراسة استطلاعية لمدة شهرين للوقوف على مدى قابلية تطبيق أدوات الدراسة والتأكد من صلاحيتها والتعرف على مدى صدق ومرونة الاستبانة المعدة لجمع البيانات وكذلك اختبار طريقة العمل.

٨- استغرقت الدراسة الميدانية ٢٤ شهراً تم فيها مسح جميع أنحاء المملكة من خلال عدة فرق بحث ميدانية تحت إشراف منسق لجنة الإشراف والمتابعة بالمنطقة ، شارك فيها أطباء وممرضات وأخصائيات اجتماعيات ومدرسون ومدرسات ، لزيارة الأسر محل الدراسة وتعبئة الإستبانة المعدة، ومن ثم إحالة حالات الإعاقة والحالات المشتبة بها إلى المختصين لإجراء الفحوصات التأكيدية .

٩- تم معالجة البيانات الخاصة بالاطفال المعاقين معالجة إحصائية باستخدام الحاسب الآلي لتحليلها .

● نتائج الدراسة

كانت أهم نتائج الدراسة مايلي:

١- بلغ حجم العينة التي تم جمعها وإجراء التحليل الإحصائي عليها ٦٠٦٣٠ طفلاً موزعين على المحافظات (٤٤٪) ، والمدن (٣٠ر٨) ، والمراكز (١٢ر١٪) ، والقرى (١٢ر٧٪) والهجر (٤,٪).

٢- تم تقسيم الأطفال الذين شملتهم الدراسة طبقاً لفئاتهم العمرية إلى أربع فئات (أقل من ٥سنوات ، أكبر من ٥سنوات وأقل من ١٠سنوات ، أكبر من ١٠ سنوات إلى ١٥ سنة ، من ١٥ سنة إلى ١٦ سنة).

٣- بلغ عدد الأطفال المعوقين (٣٨٣٨طفلاً) من مجمل أطفال الدراسة بنسبة عامه تبلغ (٦,٣٣٪) بالخصائص التالية:

(أ) بلغت أعلى نسبة لوجود الإعاقة في منطقة جازان ٩,٩٠٪ ، تليها منطقة القصيم بنسبة ٩,٦٨٪ ، وذلك لزيادة نسبة زواج الإقارب ووعورة وضيق الطرق ووجود القصيم بين ملتقى مناطق المملكة الشرقية والشماليةوالغربية والوسطى مما يتسبب في الكثير من حوادث السير.

(ب) بلغت أقل نسبة لوجود الإعاقة ٤,٣٦٪

بمنطقة الرياض لإرتفاع مستوى الخدمات المقدمة على مستوى الفرد والأسرة والمجتمع ، تليها منطقة عسير بنسبة ٤,٦٩٪.

(ج) تراوحت نسب الإعاقة في المناطق الأخرى بين النسب العليا والنسب الدنيا المذكورة اعلاه.

(د) كان من بين هؤلاء الأطفال من لديه إعاقات متعددة ، ولذلك بلغ مجموع الإعاقات ٦٩٤٣ إعاقة ، حيث بلغت نسبة الإعاقة العقلية ٠,٩٪ (من مجمل عينة الدراسة) ، والإعاقة الحركية ٣,٠٪ ، والإعاقة الكلامية ١,٤٪ ، والإعاقة السمعية ١,٠٪ ، والإعاقة البصرية ٠,٨٪ ، والإعاقة السلوكية والانفعالية ٠,٧٪ ، وإعاقة صعوبات التعلم ١,٨٪ ، والإعاقة بالصرع ٠,٥٪ والإعاقة من الأمراض المزمنة والوراثية ١,٢٪ ، والإعاقات الأخرى ٠,٣٪.

٤- أشارت الدراسة إلى ضرورة زيادة مستوى الرعاية الطبية الوقائية وخدمات التحصين المقدمة للأمهات أثناء الحمل ، والتوسع في تقديم هذه الخدمات وتطويرها ، والتعريف بالجهات التي تقدمها لضمان وصولها إلى كافة الفئات في مختلف المناطق ، كما أشارت كذلك إلى ضرورة زيادة وعي الأمهات فيما يختص بمكان الولادة ومن يقوم بعملية الولادة ضماناً لسلامتهن وسلامة أطفالهن.

٥- بلغت نسبةمن أدخل من المواليد العناية المركزة ٢,٤٪ على مستوى المناطق ، وبلغ التطعيم ضد الدرن ٦٨,٥٪ ، أما التطعيم ضد شلل الأطفال والتطعيم بالطعم الثلاثي فبلغا ٩٧,٦٪ ، و ٩٦,٨٪ على التوالي.

٦- كانت الخدمات الطبية وخاصة للحالات متوسطة وشديدة الإعاقة الأكثر إتاحة ، تليها الخدمات التعليمية للحالات متوسطة وخفيفة الإعاقة.

٧- اقتصرت الخدمات النفسية والإيوائية والترفيهية ، وكذلك المهنية والأجهزة التعويضية على الحالات المتوسطة والشديدة.

٨- تفاوتت درجات تقديم الخدمات الطبية والتعليمية والإجتماعية والمساعدات المالية بمختلف المناطق .

٩- كانت الخدمات الترفيهية والنفسية والإيوائية والمهنية والعلاج الطبيعي والأجهزة التعويضية في الهجر شبه معدومة.

١٠- تتلقى الحالات شديدة الإعاقة كل أنواع الخدمات كماً ونوعاً.

● التوصيات

أنحصرت أهم توصيات الدراسة فيما يلي:

١- ضرورة إنشأ هيئة تنسيقية تسمى " المجلس الأعلى للإعاقة " تعمل على توثيق التعاون بين الجهات الحكومية والأهلية التي تخدم المعوقين.

٢- التوسع في إنشاء برامج رعاية وتأهيل الأطفال المعوقين ، ودعم إنشاء خدمات التأهيل المهني والوظيفي لمختلف فئات المعوقين بمختلف مناطق ا لمملكة.

٣- الاهتمام بتوفير الخدمات الترفيهية والنفسية والتأهيلية والإيوائية والأجهزة التعويضية للأطفال المعوقين بالقرى والهجر.

٤- تشجيع الاستثمار في مجال رعاية وتأهيل المعوقين من جانب القطاع الخاص.

٥- التركيز على ضرورة إجراء فحص ماقبل الزواج والتوسع في خدمات الكشف المبكر للحد من حدوث الأمراض الوراثية المسببة للإعاقات.

٦- ضرورة إجراء الفحوصات الطبية والوراثية ذات العلاقة أثناء الحمل وعند الولادة للأمهات ذات التاريخ المرضي للإكتشاف المبكر للأمراض الوراثية المعوقة، ومن ثم التدخل المبكر.

٧-الإهتمام بتوعية الأمهات الحوامل حول ضرورة أخذ التطعيمات اللازمة قبل وأثناء الحمل ضد الأمراض المعدية المسببة لبعض الإعاقات.

٨- تعميم إعطاء الفيتامينات والحديد للأمهات الحوامل بمختلف القطاعات الصحية ، والتأكيد على أهمية الولادة في المستشفيات ، وتوفير الإمكانات اللازمة بالمواليد الطبيعيين والخدج.

٩- التوسع في إعطاء التطعيمات الخاصة بالأمراض المعدية للأطفال في مرحلة الطفولة المبكرة وفي سن دخول المدرسة.

١٠- إجراء الفحص الدوري الشامل على أطفال المدارس الابتدائية والمتوسطة والثانوية وتقييم حالاتهم الصحية وتحصيلهم الدراسي لإكتشاف حالات الإعاقة مبكراً.

١١- عقد دورات تدريبية وحلقات عمل في مختلف المجالات التأهيلية للكوادر البشرية الوطنية العاملة في مجال رعاية وتأهيل المعوقين ، وابتعاث المميزين منهم للخارج لدعم تأهيلهم علمياً وعملياً ولإطلاعهم على أحدث المستجدات في هذا المجال.

١٢- تحديث قواعد المعلومات والتقنيات المستخدمة في مجال الرعاية والتأهيل بصفة دورية.

١٣- عقد المؤتمرات والندوات المحلية والدولية لإتاحة المجال لتبادل الخبرات مع الخبراء في الداخل والخارج.

١٤- تشجيع إجراء البحوث التطبيقية والمتخصصة في مجال الإعاقة لتشمل الجوانب الهندسية والأجهزة الطبية التعويضية والتأهيلية والمجالات الترفيهية على مستوى كل منطقة.

١٥- التوسع في إجراء البحوث الميدانية المتخصصة لتشمل جميع أنواع ومجالات الإعاقة، مثل: إعاقة التوحد ، والإعاقات السلوكية ، والانفعالية ، والاضطرابات النمائية وغيرها ، والإفادة من معطياتها.

١٦- دعم بحوث التوعية والإرشاد الوقائي ورفع مستوى الوعشي الثقافي ، وحث وسائل الاعلام للمساهمة فيها.

١٧- العمل على الإفادة من المعلومات المتوفرة من البحث المذكور في مجال رعاية وتأهيل المعوقين في القطاعين الحكومي والخاص.

١٨- تقويم وتطوير برامج الوقاية والرعاية والخدمات بما يتناسب مع متطلبات المعوقين من الرعاية والتأهيل والتدريب والترفيه والتوظيف.

١٩- دعم " مركز الأمير سلمان لأبحاث الإعاقة " للإعداد والتنفيذ والمتابعة لبرامج الوقاية والتأهيل والرعاية من خلال تنظيم الندوات التوعوية والتثقيفيه ، والقيام بدعم وتشجيع البحوث التطبيقية وبحوث الدراسات العليا في مجال الوقاية والرعاية والتأهيل.

مع القـــراء

أعزاءنا القراء:

إننا نقف عاجزين عن إسداء الشكر الجزيل لجميع القراء على تواصلهم المستمر بالمجلة سواء بريداً أو هاتفياً أو إلكترونياً من الداخل أو الخارج، وأمام هذا الحشد الهائل من الرسائل والسيل المنهمر من الإتصال نقف عاجزين عن تحقيق كافة الطلبات أو الرغبات، بسبب نفاد جميع أعداد المجلة حال صدورها رغم طباعتنا لأعداد هائلة منها، وهنا لابد من التنويه لقرائنا الكرام إلى توضيح العنوان واختصاره قدر الإمكان، لكي نضمن وصول المجلة إلى القارىء الكريم.

● **الأخ / صلاح أحمد النطوبي ـ مصر**

شكراً لثنائك على المجلة والقائمين عليها، كما نود إحاطتك بأننا لاننشر ما يرسل من مقالات حتى يتم إجازتها من هيئة التحرير.

● **الأخ / علي مصطفاوي ـ الجزائر**

أهلا بك، وما طلبت ليس من اختصاص المجلة.

● **الأخ / طارق علي حسن حسين ـ مصر**

أهلا بك قارئاً جديداً للمجلة، والمجلة ليس من اختصاصها ما ذكرت، وموضوع المعادن الذي أرسلت لم يتم إجازة نشره.

● **الأخ / شاهين عباس مصطفى ـ العراق**

نشكرك جزيل الشكر على الثقة المفرطة في المجلة، والعدد المطلوب من المجلة سيصلك على عنوانك بإذن الله.

● **الأخت / ريمان قيس سعدالله ـ العراق**

سعدنا برسالتك للمجلة، وما طلبتي خارج إختصاصنا.

● **الأخ / عرابي مصطفى ـ الجزائر**

شكراً لمواصلتك للمجلة وحرصك الدائم عليها، وماطلبت من أعداد سيصلك إن شاء الله.

● **الأخ / د. عادل نجيب شاكر ـ الجزائر**

سعدنا بوصول رسالتك والتي تشير فيها إلى مقالتك بعنوان (التلوث بغاز (O_2) القطار النباتي) إلا أنه يؤسفنا أننا لم نستلم تلك الرسالة حيث أننا لانهمل أية مقالة ترد إلينا. إذ نشعر القارىء بوصولها وبعد عرضها على هيئة التحرير وإجازتها للنشر نشعره بأنها قبلت للنشر.

● **الأخت / زبيدة طارق فتحي ـ العراق**

تلقينا رسالتك بكل ترحاب، وما طلبتي ليس من اختصاص المجلة.

● **الأخ / د. بشير محمد الزالق ـ سوريا**

نشكرك على ما تفضلت به من مقالات وصلت إلى المجلة، ومع شكرنا الجزيل على ثقتك الغالية بمجلتك إلا أنه يؤسفنا عدم تمكننا من نشر مقالكم لعدم ملاءمته لموضوع المجلة.

● **الأخ / بوسنة عبدالرحمن ـ الجزائر**

اننا نقدر كل ما سطرت في رسالتك من ثناء عطر وشكر مفعم بالتقدير، ويؤسفنا كل الأسف أن ما طلبت ليس من اختصاصنا.

● **الأخ / على خصير على فيروز ـ العراق**

أهلا بك وبانضمامك إلى المجلة، وستصلك المجلة تباعاً.

● **الأخ / إبراهيم عطفاوي ـ الجزائر**

سعدنا بوصول رسالتك كما نشكرك على ثنائك الجميل على المجلة والقائمين عليها.

● **الأخ / أحمد الصالح ـ المجمعة**

شكراً لثنائك العطر على المجلة، وسوف تصلك المجلة على عنوانك.

● **الأخت / عائشة عبدالحليم ديب ـ جدة**

هذه الرسالة الأولى التي تصلنا منك، ويسعدنا تحقيق طلبك بانضمامك إلى قائمة من تصلهم المجلة.

● **الأخ / فاضل عبدالجبار نجم ـ العراق**

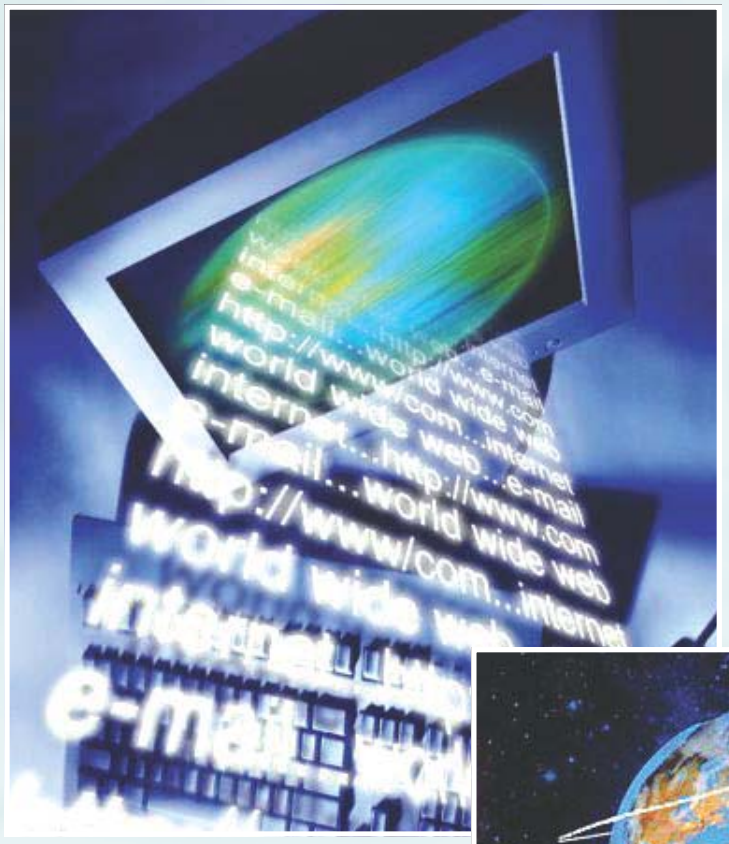
ونحن أذ نشكر لك ثناءك العطر على المجلة والقائمين عليها، يسعدنا تحقيق طلبك بوصول المجلة لك دورياً.

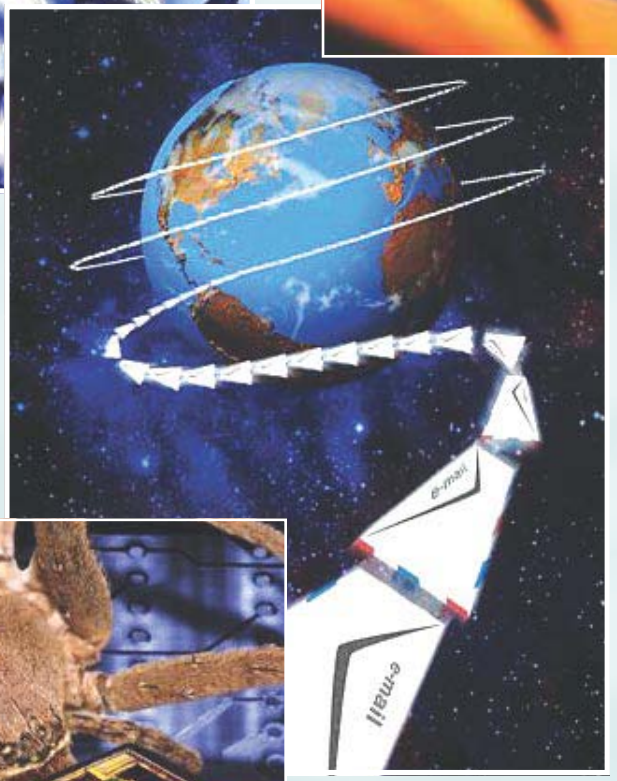
● **الأخ / شاهين مصطفى ـ العراق**

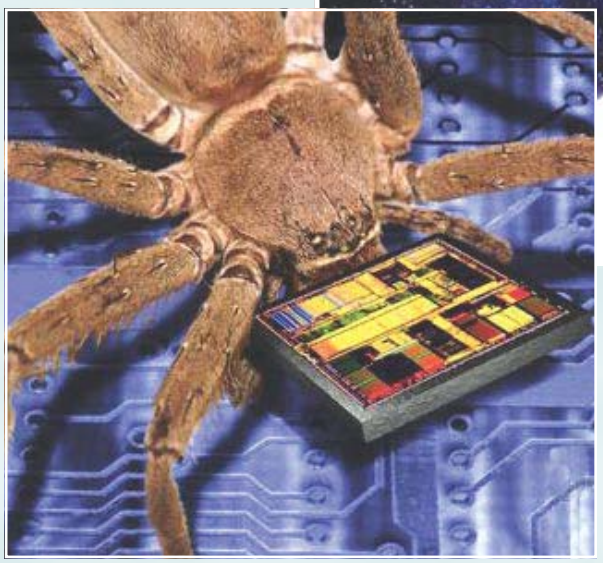
شكراً لك ولرسالتك العزيزة، كما أن المجلة ليس من اختصاصها ما طلبت.

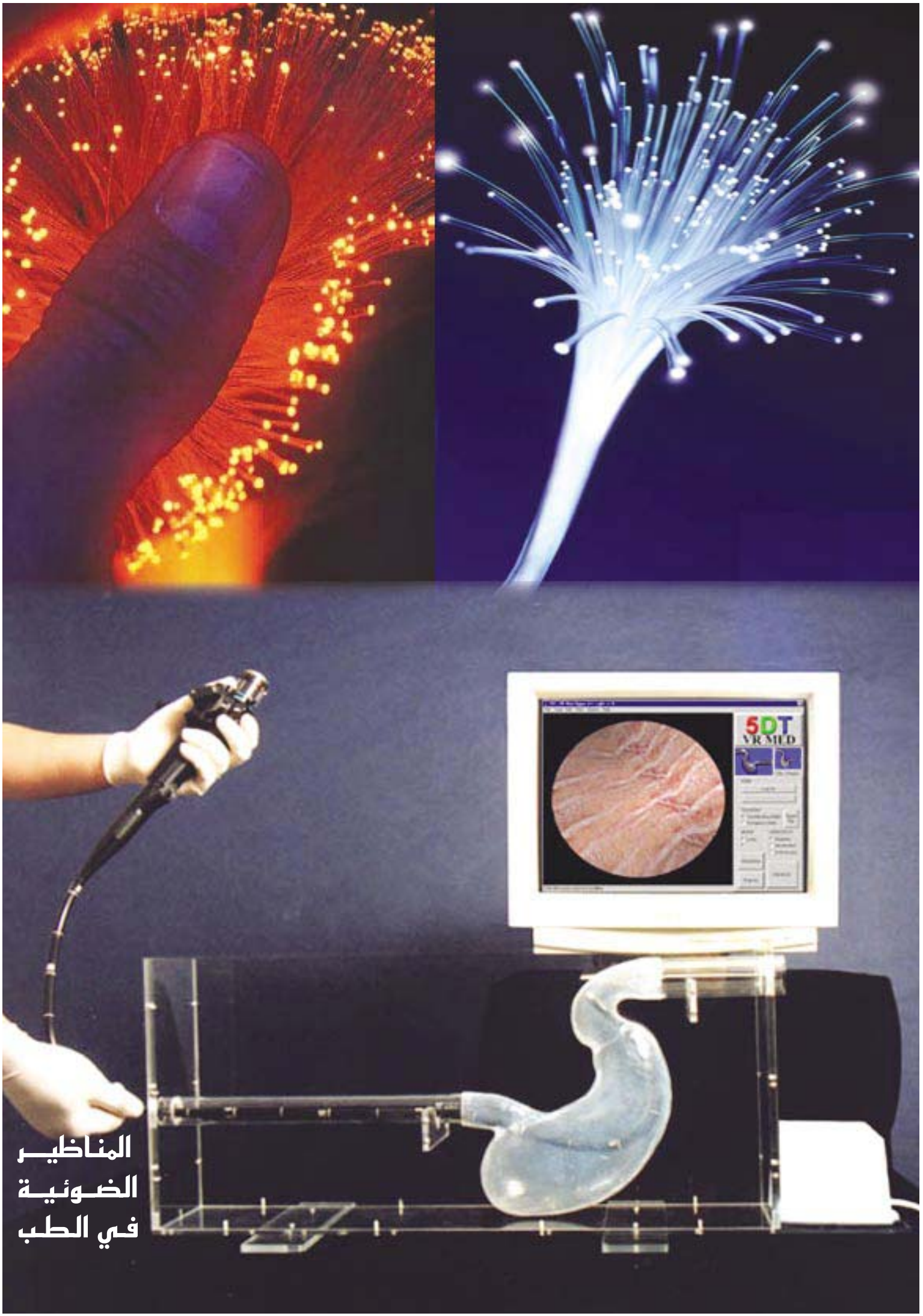
في
العدد المقبل

شبكة الإنترنت









المناظير الضوئية في الطب