

## التطبيقات الطبية لليزر

### Medical Applications of Laser

#### 1.6 تأثيرات شعاع الليزر على الأنظمة البيولوجية

##### Effects of Laser Radiation on Biological Systems

يتميز شعاع الليزر عن معظم الأشعة المعروفة الأخرى بالاتجاهية الحادة لحزمته الضوئية، أي أن زاوية انفراسها تكون صغيرة جدا. ينتج عن ذلك، لليزر ذات الطاقة الابتدائية العالية، انتقال كميات إضافية من الطاقة إلى الأنظمة البيولوجية. امتصاص الأنظمة البيولوجية لأشعة الليزر هو السبب الرئيسي لإتلافها، وبدون هذا الامتصاص لا يحدث التلف. يحدث الامتصاص على المستوى الذري أو الجزيئي، وعملية الامتصاص يحددها الطول الموجي. هذا يعني أن الطول الموجي سوف يحدد النسيج ونوع الليزر المستعمل عن إتلافه. والآليات التي تحدث التلف، نتيجة امتصاص الأنسجة أشعة الليزر واحدة لكل الأنظمة البيولوجية، وتشمل تفاعلات حرارية أو عمليات كيميائية. درجة مسئولية أي من هذه الآليات في التلف ترتبط بوجود عوامل فيزيائية معينة لمصدر الإشعاع، وأكثر هذه العوامل أهمية هو الطول الموجي، زمن النبضة، شدة الشعاع والتعرض الإشعاعي.

هكذا نخلص من ذلك إلى أن العوامل الأساسية التي تحدد تأثير أشعة الليزر

على الأنسجة هي:

## 1- بالنسبة لأشعة الليزر

- أ - قدرة شعاع الليزر (الوحدة هي الواط).
- ب- مدة التعرض لأشعة الليزر .
- ج- الطول الموجي لأشعة الليزر.
- د- كثافة القدرة (القدرة / سم<sup>2</sup>).

## 2- خصائص الأنسجة

- أ - معامل امتصاص الأنسجة لطول موجي معين.
- ب- حجم النسيج المتأثر بالأشعة.
- ج- الموصلية الحرارية للأنسجة.

ينتج عن الجزء الممتص من أشعة الليزر تأثيرات كيميوضوئية أو/ وتأثيرات حرارية اعتمادا على الطول الموجي لأشعة الليزر وطبيعة النسيج. وتحت ظروف معينة يمكن أن ينتج تفلور النسيج.

ليزرات تحت الحمراء والمرئية تنتج فقط، على وجه العموم، تأثيرات حرارية. ليزرات فوق البنفسجية تنتج التأثيرات الكيموضوئية والحرارية.

التأثيرات الكيموضوئية والحرارية لهما أهمية كبيرة في التطبيقات الجراحية والعلاجية، في حين التفلور يفيد في تشخيص حالة النسيج. على سبيل المثال، يمكن اكتشاف الخلايا السرطانية حتى في مراحلها الأولى بواسطة التفلور الأحمر المميز لها سواء في الخلايا الخام أو الحملة بصيغة مناسبة ومشعة بليزر الأشعة فوق البنفسجية.

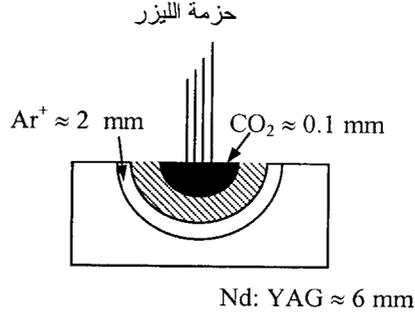
تتميز التأثيرات الحرارية بارتفاع في درجة حرارة النسيج. وتتضمن التأثيرات الكيموضوئية إما تغير في أسلوب أو نمط التفاعل الكيمو حيوي نتيجة وجود مجال كهرومغناطيسي أو تحلل ضوئي نتيجة الفوتونات عالية الطاقة التي

تحطم الروابط الجزيئية. التفاعلات الكيموضوئية لا تسبب على وجه العموم، أى ارتفاع ذي أهمية في درجة الحرارة. وثمة نوع آخر من تأثيرات ضوء الليزر هو الذي يحدث نتيجة تكون البلازما عند الشدات العالية من حزم الليزر. على سبيل المثال، في حالة ليزر Nd:YAG بتحويل Q، 1mw من القدرة عندما تركز إلى بقعة 10 ميكرومتر تعطى شدة تقدر بحوالي  $10^{12}$  watt/cm<sup>2</sup> (واط\سم<sup>2</sup>) والتي تناظر مجالا يقدر بحوالي 30 مليون فولت لكل سم. عند مثل هذه المجالات الكهربائية العالية تنفصل الإلكترونات في الذرات والجزيئات بعيدا مسببة التأين ومنتجة البلازما. هذه الآلية لها أهميتها في التطبيقات الطبية.

بعد عمق اختراق أشعة الليزر في الأنسجة من أهم الخواص الضوئية التي تحدد ملاءمة الليزر للعملية الجراحية. عمق الاختراق الأكبر يكون مرغوبا فيه للتخثر (التجمد) Coagulation في حين يكون عمق الاختراق القصير أفضل في قطع الأنسجة. وعمق الاختراق يكون عكس معامل امتصاص أشعة الليزر في الأنسجة، ويعرف العمق حيث تقل شدة الليزر إلى 37% من قيمتها عند سطح النسيج. يأتي هذا التعريف من القانون التجريبي للامتصاص. ويبين الجدول (15) عمق الاختراق ومعامل امتصاص الأنسجة لبعض الليزر، يوضح شكل (28) عمق الاختراق.

جدول (15) يبين معامل الامتصاص وعمق الاختراق في النسيج لليزر المختلفة

الليزر	الطول الموجي	عمق الاختراق في النسيج	معامل امتصاص النسيج سم-1
Nd:YAG	1.06 ميكرومتر	2.5 ملليمتر	4
Er:YAG	2.94 ميكرومتر	4 ميكرومتر	2700
Ruby	694.3 نانومتر	2 ملليمتر	5
He-Ne	632.8 نانومتر	2.5 ملليمتر	4
Argon	514.5 نانومتر	0.7 ملليمتر	14
CO <sub>2</sub>	10.6 ميكرومتر	16 ميكرومتر	600



شكل ( 28 ) يبين رسمًا تخطيطيًا لعمق الاختراق.

## Thermal Effects

## 2.6 التأثيرات الحرارية

عندما يمتص النظام البيولوجي كمية طاقة إشعاعية كافية فإن ذلك سوف يزيد تذبذب جزيئات النظام ويترتب على ذلك زيادة في حرارته. وكثير من تلف الليزر يكون نتيجة تسخين النسيج أو الأنسجة الماصة للأشعة. هذا التلف الحراري يكون عادة محصورا في حدود مساحة تمتد بجوار الموقع الذي يمتص طاقة الليزر ويتمركز على حزمة التشعيع. تظهر الخلايا داخل هذه المساحة خصائص الحرق وينتج تلف الأنسجة أولا من تغير طبيعة البروتين **From Denaturation of Protein** وكما أوضحنا أعلاه حدوث آليات التلف الثانوي في تأثيرات الليزر يمكن ربطه بقدرة الليزر. إذا سلط نظام ليزر الموجة المستمرة أو نظام ليزر النبضة الطويلة على النسيج، بعدئذ وبسبب التوصيل، تزداد تدريجيا مساحة النظام الذي عانت ارتفاعا في حرارتها. ينتج عن هذه الرقعة الحرارية المنتشرة زيادة في منطقة التلف عندما يرتفع عدد أكثر فأكثر من الخلايا فوق طاقته الحرارية. حجم صورة الحزمة الضوئية له أيضا أهمية كبيرة نظرا لأن درجة الانتشار الخارج يكون دالة لحجم وأيضاً درجة حرارة المساحة الأولى للنسيج الساخن. هذا النوع من الضرر الحراري شائع الظهور في حالة التعرض لليزر الموجة المستمرة أو الليزر ذات النبضات الطويلة.

التأثير الفيزيولوجي لليزر على الأنسجة يعتمد على الارتفاع في درجة حرارة النسيج. ويتناسب الارتفاع في درجة الحرارة تناسباً طردياً مع الطاقة المترسبة وعكسياً مع الكتلة المسخنة وكذلك على حرارتها النوعية. بالنسبة لطاقة ما، يقل الارتفاع في الحرارة إذا كان زمن تفاعل حزمة الليزر أطول وكانت موصلية النسيج أعلى. كل من هذين العاملين يساهم في فقد الحرارة لكل النسيج.

إذا زادت درجة حرارة النسيج عن  $100^{\circ}\text{C}$  فإنها تتعرض للبخار أو الاستئصال اعتماداً على معدل ترسيب الطاقة (شدة حزمة الليزر)، وتكون النتيجة هي تكون حفر أو حزوز أو قطع نتيجة لإزالة النسيج. إذا كانت درجة الحرارة قريبة من  $100^{\circ}\text{C}$  يتفحم النسيج أو يتبخر جزئياً مؤدياً إلى تفرغ *Vacuolization*. في مدى درجات الحرارة من  $60^{\circ}\text{C}$  إلى  $100^{\circ}\text{C}$  يحدث تخثر (تجلط) النسيج من  $40^{\circ}\text{C}$  إلى  $60^{\circ}\text{C}$  ينتج تحول في طبيعة بروتين النسيج وأقل من  $40^{\circ}\text{C}$  وأعلى من درجة الحرارة المحيطة ينتج *Hyper metabolism* أبيض أو تمثيل مفرط في الأنسجة الحية.

### 3.6 التأثيرات الكيموضوئية Photochemical Effects

العمليات الكيموضوئية تشمل الامتصاص الجزيئي للطاقة والتفاعل الكيميائي الناجم عن ذلك. وتنشأ هذه العملية خلال امتصاص ضوء ذي طاقات فوتونية معينة (أي أطوال موجية معينة)، بعض الأنسجة البيولوجية مثل الجلد، عدسة العين وخصوصاً الشبكية قد تظهر تغيرات غير عكسية تنتج عن التفاعلات الكيموضوئية أثناء التعرض الطويل للمستويات المنخفضة أو المتوسطة من الضوء. هذه التغيرات قد تنتج تلفاً للنسيج إذا كانت فترة الإشعاع زائدة أو إذا كان التعرض القصير متكرراً على فترات طويلة. بعض التفاعلات الكيموضوئية الناتجة عن التعرض لليزر قد تكون غير عادية أو قد تكون عملية عادية مبالغ فيها.

## 4.6 التآثيرات البيولوجية لأشعة الليزر على العين

### Biological Effects of Laser Radiation on Eye

من المهم أن نذكر مرة أخرى أن اختراق ضوء الليزر في أنسجة أي عضو حيوي يعتمد على طول موجي معين ويبين شكل (29) امتصاص الأطوال الموجية المختلفة في العين.

الضوء ذو الطول الموجي أقل من 300 نانومتر يمتص أساسا في القرنية وبين 300 - 400 نانومتر امتصاصه ضعيف في القرنية ويمكن أن يصل إلى العدسة حيث يتم امتصاصه. في المنطقة المرئية من 400 - 700 نانومتر، والمنطقة تحت الحمراء القريبة من 700 - 1400 نانومتر على التوالي، تنفذها عمليا كل أنسجة العين ماعدا الشبكية تمتصها. من 1400 نانومتر حتى 3 ميكرومتر يخترق الضوء مرة أخرى حتى العدسة وبعد 3 ميكرومتر تمتص القرنية الضوء كما يبين الشكل(29).

استنادا إلى امتصاص الأطوال الموجية المختلفة في العين نستطيع تحديد التلف الذي تحدثه هذه الأطوال الموجية على الأجزاء المختلفة في العين.

#### Corneal Damage

#### أ- تلف القرنية

أشعة الليزر فوق البنفسجية وتحت الحمراء البعيدة (أكبر من 1400 نانومتر) تحدث تلفا للعين أولا في القرنية. أقصى تعرض مسموح MPE لكل حالة، يكون أقل تماما من الطاقة المطلوبة لإنتاج أي نوع من التلف المذكور أدناه.

المنطقة فوق البنفسجية {180 - 400 نانومتر}: يأتي التلف من امتصاص أجزاء خلايا القرنية الحساسة انتقائيا لضوء UV. هذا الفعل ليس حراريا ولكن كيميائيا. يمتص الكثير من البروتينات وجزيئات أخرى (RNA, DNA) الضوء فوق البنفسجي فتتحول طبيعتها بسبب امتصاصها هذه الأشعة. ويمكن أن يسبب التعرض الزائد لضوء UV، ظاهرة الخوف من الضوء Photophobia،

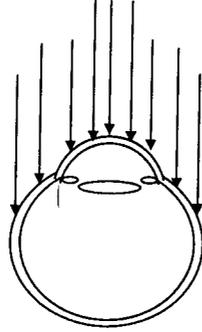
واحمرار العين، دموع، تفريغ Stromal Haze و discharge (ضباب النسيج الجدارى)... إلخ.

تحت الحمراء {1400 نانومتر إلى 1 ملليمتر} ليزر  $10600\text{CO}_2$  نانومتر تسبب فقد في شفافية القرنية أو عدم انتظام السطح نتيجة التعرض الزائد للأشعة تحت الحمراء، تسخين الدموع Tears وماء أنسجة القرنية بالأشعة تحت الحمراء، وعلى عكس الفعل الكيموضوئى للأشعة فوق البنفسجية.

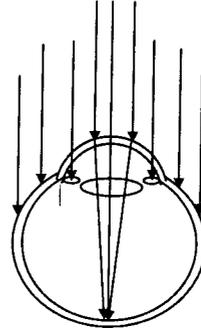
### Retinal Damage

### ب- تلف الشبكية

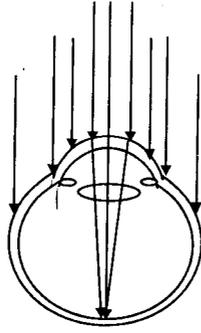
{400 - 1400 نانومتر} يحدث الأذى للشبكية نتيجة تركيز الضوء المرئي أو تحت الحمراء على بقعة متناهية الصغر (صورة) على الشبكية. ويمكن أن تزيد القرنية والعدسة التعرض الإشعاعي لليزر على الشبكية بمقدار تقريبا 100000 مرة بسبب فعل هذا التركيز. والتلف الأكثر خطورة على الرؤية سوف يحدث عندما يتركز الليزر على الجزء المركزي من الشبكية. ونظرا لأن الحركة الثابتة للعين تقاوم التعرض للأشعة المرئية القوية لفترات طويلة من الزمن فإن الإصابة الأكثر خطورة سوف تحدث من التعرض لخارج ليزري مرتفع قصير النبضة (أي Q-Switched-). الأشعة ذات القدرة العالية في فترة قصيرة لديها القدرة على إحداث ثقب في الشبكية. [انظر شكل 29]



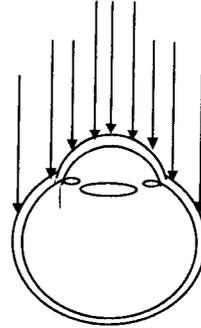
امتصاص فوق البنفسجية القصيرة يتم  
أساسا عند القرنية



فوق البنفسجية الطويلة والضوء المرئي تتركز  
عند القرنية والعدسة وتمتص عند الشبكية



تمتص طاقة تحت الحمراء القريبة عند الشبكية



امتصاص تحت الحمراء البعيدة عند القرنية

شكل (29) يبين تأثير الأطوال الموجية المختلفة على العين.

## 5.6 التأثيرات البيولوجية لأشعة الليزر على الجلد

### Biological Effects of Laser Radiation on Skin

بصفة عامة، يمكن أن يتحمل الجلد التعرض لأشعة الليزر بقدر أكبر من تحمل العين... التأثير البيولوجي للتشعيع الزائد للجلد بالليزر التي تتمثل في المنطقة المرئية من 400-700 نانومتر ومنطقة تحت الحمراء القريبة من 700 إلى 1060 نانومتر يمكن أن تتفاوت من احمرار معتدل إلى بشرات مؤلمة. إذا كانت كثافة التشعيع عالية للغاية يحدث تلوين، وقرح وبثرات للجلد كما يمكن حدوث تلف للأعضاء التحتية.

التعرض لمستويات معتدلة من أشعة UV (200-400 نانومتر) يمكن أن يؤدي إلى عمليات كيميائية ضارة وتكون الآليات البيولوجية لإصلاحها بطيئة (تستغرق عدة ساعات إلى أيام) وأكثرها شيوعاً هي احمرار الجلد أو ما تعرف، عامة، بحروق الشمس. ومقدار الضرر يختلف بين الأفراد ويعتمد على عوامل كثيرة تشمل الطول الموجي الخاص، التعرض الإشعاعي الكلي وفترة الشفاء والاستعاضة. التعرض قصير المدى المتكرر للأشعة فوق البنفسجية عند مستويات أقل من MPE (أقصى تعرض مسموح به) يجب أن يقدر على أساس التعرض اليومي الكلي. فضلاً عن ذلك، إذا تعرض شخص لأشعة الليزر أثناء استخدامه له مع تعرض إضافي للأشعة فوق البنفسجية من مصدر (مثل أشعة الشمس، المصباح الشمسي، وأقواس اللحام)، هذه يجب أخذها في الاعتبار عند تقدير الحاجة الملزمة لوقاية الجلد والعين. والهدف المطلوب هو أن يكون التعرض اليومي الكلي أقل من MPE. إذا كانت كثافة قدرة الليزر عالية للغاية، الأشعة فوق البنفسجية يمكن أن تسبب حروقاً حادة، بثرات وقرحات للجلد.

حروق الشمس (Erythema)، سرطان الجلد وشيخوخة الجلد كلها متوقعة بسبب التعرض للأشعة فوق البنفسجية (230 - 380 نانومتر). وتلف الجلد الخطير ينتج عن امتصاص أشعة UVB (280 - 315 نانومتر).

جدول (16) ملخص للتأثيرات البيولوجية المصاحبة للتعرض الزائد للضوء.

المنطقة الطيفية	للعين	الجلد
الأشعة فوق البنفسجية UVC (100 نانومتر - 280 نانومتر)	التهاب قرني ضوئي Photokeratosis	احمرار الجلد Erythema تسريع عملية شيخوخة الجلد
الأشعة فوق البنفسجية B (280-315 نانومتر)	نفس الشيء	نفس الشيء
الأشعة فوق البنفسجية A (315-400 نانومتر)	عتامة عين كيموضونية تلف كيموضوني وحراري للشبكية	عتامة الصبغة وتفاعلات كيموضونية
الأشعة المرئية (400-780 نانومتر)	تلف كيموضوني وحراري للشبكية	عتامة الصبغة وتفاعلات كيموضونية
تحت الحمراء الحارقة A (1400-790 نانومتر)	عتامة العدسة وحرق الشبكية	حروق الجلد
تحت الحمراء الحارقة B 3 (1.40-ميكرومتر)	حرق القرنية فقط	حروق الجلد

## 6.6 تطبيقات الليزر في التشخيص والعلاج

### Applications of Laser in Diagnosis and Therapy

#### Ophthalmology

#### طب العيون

من أهم الخصائص الرئيسية لأشعة الليزر بأنواعها المختلفة التي جعلت منها أداة طبية فعالة، الاتجاهية الحادة لحزمتها. أصبح الليزر الآن شائع الاستخدام في علاج أمراض العيون فهو يستخدم منذ فترة طويلة في معالجة انفصال الشبكية ومعالجة أمراض الشبكية الناجمة عن مرض السكر. ويتم العلاج عادة باستخدام ليزر الأرجون  $Ar^+$  الذي يبعث خطين عند الطولين الموجيين 488 نانومتر و 515 نانومتر. ينفذ حوالي 95% من هذه الأشعة من العين إلى الشبكية عند هذين

الطوليين الموجيين وتمتص حزمة الأرجون الزرقاء/الخضراء أساسا بالميلانين في الصبغة الطلائية للشبكية. وينتج التلف بسبب التأثير الحراري وينتج التخرر Coagulation من تحول طبيعة البروتين. في هذه الحالة تركز حزمة الليزر ( $Ar^+$ ) على شبكية العين من خلال عدسة العين إذ أن الحزمة الخضراء يمتصها بقوة الميلانين ويؤدي التأثير الحراري الناتج إلى إعادة ربط الشبكية تخرر أو عيها. كما يستخدم الليزر في علاج تكور القرنية وأيضا من أهم استخدامات الليزر في جراحة العيون لعلاج المياه الزرقاء Glaucoma الذي يتسبب عنه فقدان تام للبصر وتدمير العصب البصري. وينشأ هذا المرض عن الزيادة الكبيرة في ضغط السائل داخل كرة العين نتيجة لارتشاح الأوعية الدموية الذي يسببه مرض كالسكر.

علاج هذا المرض سهل بأشعة الليزر التي تستخدم لحرق بعض الأغشية الداخلية في العين لعمل فتحة صغيرة يمكن من خلالها تسريب الضغط المرتفع في العين فتعود العين طبيعية. وقد أمكن لهذا العلاج أن ينقص كثيرا من حالات العمى التي كان ينتهي إليها مريض السكر. كما يستخدم أيضا ليزر أيون الكريبتون  $Kr^+$ ، وهذا يعطى خارجا عند أربعة أطوال موجية: أحمر عند 6471 نانومتر وأزرق عند 4765 نانومتر وأخضر عند 520.8 نانومتر وأصفر عند 568.2 نانومتر. والأجهزة المتاحة تستخدم الطول الموجي الأحمر الذي يمثل من 50% إلى 60% من الخارج الكلي لليزر أيون الكريبتون. وفي بعض الحالات تستخدم ليزرات الحالة الصلبة Nd:YAG الياج، وأيضا ليزر الأكسيمر.

## Otolaryngology

## طب الأذن والحنجرة

في الوقت الحاضر زاد استخدام الليزر في طب الأذن والحنجرة حيث إن له أهمية خاصة في هذا الفرع من الجراحة ويستخدم الليزر في إزالة وتحديد الأورام غير الخبيثة في الحبال الصوتية للحنجرة ويمكن بذلك تقويم الحبال الصوتية للحنجرة وتنقية الصوت ويستخدم في وقف نزف دوالي المريء. واستخدام الليزر

له أهمية خاصة في جراحة الأذن والحنجرة، نظرا لأنه يتعلق بأعضاء القصبة الهوائية، البلعوم والأذن الوسطى إذ أن هذه الأعضاء لا يمكن الوصول إليها بسهولة، وغالبا يستخدم ميكروسكوب مع الليزر في هذه الحالة ويفضل استخدام ليزر CO<sub>2</sub> على الجراحات التقليدية للأسباب التالية:

- 1- يخفض النزيف نظرا لأن الأوعية الدموية حتى 0.5 ملليمتر تلتئم.
- 2- يمكن عمل القطع بدقة عالية وبالأخص عندما توجه الحزمة بواسطة ميكروسكوب ملائم (الجراحة الدقيقة بالليزر Laser Microsurgery).
- 3- إمكانية إجراء العملية في المناطق المتعذر الوصول إليها. وهكذا من الناحية العملية أي منطقة من الجسم يمكن مشاهدتها بواسطة نظام بصري ملائم (مثال عدسات أو مرآيا) يمكن إجراء العملية فيها باستعمال الليزر بحزمة.
- 4- النقص الكبير في النزيف الدموي والناتج عن كوى الأوعية الدموية بالليزر (إلى حد قطر الوعاء الدموي بحدود 0.5mm ~).
- 5- التلف المحدود للأنسجة المجاورة (بضع عشرات من المايكرومترات).
- 6- وعلى الرغم من هذه الفوائد يجب أن نتذكر أن هناك صعوبات لاستعمال الليزر في الجراحة وهي:
  - الثمن الباهظ وتعقيد وحدة الجراحة بالليزر.
  - السرعة القليلة لمشرط الليزر.
  - مشاكل السلامة المرافقة لمشرط الليزر.
  - تستخدم ليزرات غاز ثاني أكسيد الكربون الليزرات أيون الأرجون وأيضا ليزر الياج.

## - أمراض النساء

### Gynecology

في أمراض النساء يستخدم عادة ليزر CO<sub>2</sub>. ويستخدم هذا الليزر في الغالب مع ميكروسكوب (منظار المهبل). وتستخدم حزمة الليزر المركزة في الجراحة بدلا من المشروط التقليدي أو الكهربائي. الطول الموجي لحزمة الليزر 10.6 ميكرومتر يمتصها الماء بشدة، ويمتص 90% منها بواسطة 0.1 ملليمتر ماء. يسخن شعاع الليزر الماء داخل وخارج الخلايا حتى نقطة الغليان مسببا Explosion of the Cells انفجار الخلايا. ويمكن تمييز ثلاث مناطق لحروق كثافة القدرة العالية.

1- تكوين حفرة نتيجة لتبخير الأنسجة.

2- يحدث تفحم الأنسجة Charring of the Tissues من الامتصاص المباشر للحزمة.

3- منطقة النكروز (نخر) تمتد إلى النسيج المحيط بسبب توصيل الحرارة.

قد ينتج عن التعرض لحزمة ليزر CO<sub>2</sub> تأثيرات بيولوجية تعتمد على كثافة القدرة. وكثافة قدرة بين 50 إلى 150 واط/سم<sup>2</sup>، ينتج عنها تحلل كرات الدم الحمراء لاستئصال الأورام بطريقة إزالة طبقة بعد طبقة. وعندما يستخدم الليزر في الاستئصال تكون كثافة القدرة اللازمة أكثر من 1000 واط/سم<sup>2</sup>.

يستخدم شعاع الليزر في إزالة الترهل الزائد للأنسجة في بعض مناطق الجسم وفي جراحة التخصيب الدقيقة وإعادة تركيب قناة فالوب. وتستخدم أحيانا ليزرات الأرجون والياج.

## - الأمراض الباطنية

### Gastroenterology

أتاح تطور المناظير الطبية بأشكالها المتنوعة، والتقدم في صناعة الألياف البصرية، الفرصة لنقل أشعة الليزر إلى أعضاء الجسم الداخلية وبدون الحاجة

لعمليات جراحية، وبذلك أمكن تطوير الكثير من الجراحات، ومعالجة الكثير من الأمراض داخل القناة الهضمية ومنها علاج قرحات المعدة النازفة وتقرحات الجزء العلوي من الأمعاء والمتمثلة في تخثير الأوعية الدموية النازفة ووقف التقرحات موضعية وقد فتح بذلك مجالا واسعا في تطبيقات أخرى في هذا المجال مثل وقف النزيف في آفات القولون، وتفتيت حصى المرارة. وفي مجارى الصفراء وتفتيت أو قطع جزء من الكبد التالف وتستخدم ليزرات الأرجون والياج وثاني أكسيد الكربون.

## Surgery of Bones

## - جراحة العظام

استخدام الليزر في الوقت الحاضر من قبل جراحي العظام بدأ يتزايد تزايداً ملحوظاً، ومازالت الأبحاث جارية على قدم وساق لتطوير استخدامه في هذا المجال أكثر فأكثر.

يستعمل ليزر ثاني أكسيد الكربون عند استبدال المفاصل الصناعية، والشعاع يجب أن يكون بقدرة كافية لتبخير المادة الصمغية، ولكن ليس بدرجة بحيث تؤذى العظم مع ضرورة التبريد المستمر للمنطقة لمنع احتراق العظم، كذلك يتوجب سحب الدخان.

يستخدم منظار المفاصل لإيصال شعاع ليزر ثاني أكسيد الكربون إلى المفصل، لصهر وتشكيل الغضروف. إزالة الترسبات الكلسية وإزالة الشظايا العظمية. ويستخدم في جميع هذه الحالات ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون.

## Cancer

## - الأورام الخبيثة

في هذا المجال نسلط الضوء على العلاج بأشعة الليزر باستخدام الفعل الضوئي لإحداث التغيرات الكيميائية وبدون الطاقة الحرارية لأشعة الليزر. وهذه

الخاصية لأشعة الليزر أتاحت الإمكانية لقتل الخلايا السرطانية فقط بتشخيصاتها وانتقائها بدون التأثير على الخلايا السليمة المحيطة بها، وتسمى هذه التقنية الجديدة: العلاج بديناميكية الضوء.

لقد أثبتت تطورات هذا المجال أنه عند اختيار الليزر بتردد مناسب مع صبغة دوائية قابلة للتركيز في الخلايا السرطانية دون السليمة ولها القدرة على امتصاص الطول الموجي المعين من أشعة الليزر، هذا الثنائي يعطى العلاج الانتقائي الذي طالما حلم به أخصائيو علاج السرطان. هذه الطريقة لا تقف عند نوع من أنواع السرطان بل تضم أنواعا عديدة مختلفة.

في الوقت الحالي دخلت طريقة العلاج بالديناميكية الضوئية لعلاج الأمراض السرطانية. بهذه الطريقة تستخدم مشتقة الهيمتوبورفيرين **Hematoporphyrin Derivative of HPD** (من صبغة الدم المتواجدة طبيعيا) ويحقن بها المريض. ودرجة امتصاص **HPD** بالخلايا السرطانية أكثر كثيرا من درجة امتصاصها في الخلايا الطبيعية وهي تتركز وتمتص لمدة تتراوح بين 24 - 48 ساعة في الأنسجة السرطانية. وبينما ترفضها الأنسجة والخلايا السليمة بأقل من ذلك. عند هذه المرحلة يسلط شعاع ليزر بخار الذهب ذو الطول الموجي **630nm** على الأنسجة السرطانية المحملة بالصبغة. هذا الطول الموجي قريب جدا للطول الموجي **628nm** حيث قمة امتصاص **HPD**. وكنيجة لذلك يعاني **HPD** تحللا ضوئيا مولدا أكسجين أحادي الذي يسبب نيكروزس **Necrosis** للخلايا السرطانية أساسا بسبب تفتت الغشاء. لقد وجد أن **Photodynamic Therapy PDT** يستخدم بنجاح في حالة سرطانات الرئة والصدر.

يتم الاستئصال الضوئي في مدى الشدة من  $10^{10}$  إلى  $10^4 \text{ Wat/cm}^2$  وزمن التفاعل في المدى من  $10^{-10}$  إلى  $10^{-3}$  ثانية. حاليا معظم أعمال الاستئصال تتم بليزرات الاكسيمر فوق البنفسجي. بالرغم من المعارضة، يعتقد أن الأطوال الموجية في مدى الطيف فوق البنفسجي المفرغ، يكون الاستئصال ناتج عن تحلل فوتوكيميائي. هذا يعني أن الفوتونات ذات الطاقة أعلى من  $4\text{ev}$  تحلل الجزيء

بكسر الروابط وتضيف طاقة زائدة للقذف. هذه أساسا ليست عملية حرارية.

## Dentistry

### - طب الأسنان

يستخدم الليزر في علاج أمراض الأسنان وذلك في المجالات التالية:

تطهير وتعقيم الأسنان والضرروس وعمل الثقوب في الضرروس تمهيدا لحشوها، تثبيت كبارى الأسنان، تثبيت أطقم الأسنان الصناعية.

## Urology

### - المسالك البولية

تستخدم ليزرات أيون الأرجون وغاز ثاني أكسيد الكربون وأيضا اللياج في جراحات المسالك البولية وتفتيت واستئصال أورام المثانة، حصوات المسالك البولية، وإزالة تضخمات الخصى.

## Dermatology

### - علم الجلد

أحد التطبيقات المهمة لليزر في علم الجلد هو إزالة الوشم Tattoos لقد استخدم ليزر CO<sub>2</sub> ببعض النجاح لكنه لسوء الحظ تسبب في وجود آثار واضحة مكان الوشم. والجهاز الأفضل هو ليزر الياقوت بتحويل Q والطول الموجي لليزر الياقوت (694 نانومتر) يناظر منطقة الحد الأدنى لامتنصاص الهيموجلوبين هذا مهم جدا لكي نتفادى امتصاص الدم للحزمة. في الواقع الضوء الأحمر ينفذ خلال الجلد وإلى النسيج التحتي له. تستخدم أيضا ليزرات الأرجون أو اللياج لإزالة وتبخير الوشم الجلدي وإزالة الأورام العرقية الدموية واستئصال الدوالي الوريدية كما يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون في حالة التقرحات الجلدية الدهنية المتعددة.

## Neurosurgery

### - جراحة الأعصاب

يستخدم ليزر CO<sub>2</sub> في استئصال الأورام السحائية وتقويم التشوهات في

الوجه والجمجمة ويستخدم أيضا ليزر الياج بالإضافة إلى ليزر ثاني أكسيد الكربون لاستئصال أورام المخ والحبل الشوكي والعمود الفقري. يستخدم ليزر الأرجون مع ليزر الصبغات في علاج سرطان الرئة وتشخيصه أيضا، إصلاح الأوعية القلبية.

جدول ( 17 ) التطبيقات الطبية لليزرات المختلفة

ليزر	الطول الموجي	النمط الزمني	القدرة	الطاقة / نبضة	زمن النبضة	المساحة
CO <sub>2</sub>	10.6µm	CW	25W	-	-	جراحة عامة أمراض نساء أنف وأذن وحنجرة علم الجلد.. إلخ جراحة الأعصاب
		نبضة فائقة	80W	-	0.05-1sec	أنف وأذن وحنجرة.. إلخ
Ho:YSGG	2.1µm	نبضى	-	250mj	250 µsec	ترقيع الأوعية
Er:YAG	2.94µm	نبضى	-	100mj	100 µsec	جراحة القرنية
Nd:YAG	1.06µm	CW	70W	-	-	ارتفاع حرارة الليزر طب المعدة والأمعاء ترقيع الأوعية علم المجارى البولية.. إلخ ترقيع الأوعية جلوكوما (المياه الزرقاء)
		Pulsed	-	500mj	100 µsec	
		تحويل-Q	-	5mj	15nsec	استئصال الحفظة الخلفية طب الأسنان
		نموذج الغلق	-	0.5mj	20-30psec	استئصال الحفظة الخلفية
Diode	.904nm	CW	100mW	-	-	الحث الحيوي (تخفيف الآلام)

تابع جدول (17)

شفاء الجروح تخليق مولدة الغراء			5mW	CW	632.8nm	He-Ne
علاج ضوئي ديناميكي			10W	شبه CW	628nm	بخار الذهب
علاج الجلد تفتيت حصي الكلي	800nsec	10-150mj		نبضي	694nm	الصبغة
علاج العيون			1W	CW	647.1nm	كريبتون
علاج العيون، ترقيع الأوعية، تقويم العضلات بالليزر			3-10W	CW	514.5nm 488nm	أيون الأرجون
علاج الجلد جراحة الأعصاب	1msec 1sec		5W	نبضات فائقة		
علاج الجلد ترقيع الأوعية الأعصاب	20nsec	100mj		نبضي	351nm	XeF
ترقيع الأوعية	200nsec	25-100mj		نبضي	308nm	XeCl
ترقيع الأوعية	25nsec	5mj		نبضي	248nm	KrF
انكسار تقويم القرنية جراحة القرنية	10nsec	100mj		نبضي	193nm	ArF

## 7.6 مستويات الأمان لليزر

### Laser Safety Levels

الليزرات قادرة على إحداث تلف خطير للأنسجة. بسطوع أو لمعان ليزر He-Ne ذي قدرة 1 مللي واط يكون أكبر بحوالي 1500 مرة عن سطوع ضوء مصباح تنجستن قدرته 100 واط وأكبر بحوالي 50 مرة تقريبا عن سطوع الشمس. لذلك يجب أن نتعامل مع الليزرات بحرص وحذر شديدين كي نتجنب الأخطار الناجمة عن التعرض لأشعة الليزر. وعلى خلاف أشعة X أو جاما، الخطر من شعاع الليزر يكمن كلية في حزمة معرفة في حدود ضيقة. وكما ذكرنا سابقا فإن شعاع الليزر له آثارا مدمرة على العين والجلد. لذلك يجب أن نجنب عيوننا وجلدنا التعرض لأشعة الليزر.

### معايير الأمان لليزر

#### Laser Safety Standards

يوجد في المملكة المتحدة معيار بريطاني بعنوان أمان أشعة منتجات وأنظمة الليزر **Radiation Safety of Laser Products and Systems** منشورة في ثلاثة أجزاء: الجزء الأول عام والجزء الثاني مخصص لاحتياجات تصنيع منتجات الليزر، أما الجزء الثالث والأخير ترشيده للمستخدم.

### إرشادات السلامة والأمان

- 1- الانعكاس وخصوصا من الأجزاء المعدنية يكون خطيرا تماما مثل الحزمة المباشرة.
- 2- إن كنت تلبس نظارات فاحذر الانعكاس فيها من حزمة الليزر خلفك.
- 3- باب الدخول إلى المنطقة التي توجد بها ليزر ذو قدرة عالية يجب أن يغلق إلكترونيا.
- 4- حزمة الليزر أو أي انعكاس محتمل يجب منعه من التسرب خارج منطقة الليزر المغلقة.

- 5- لا تقضى وقتنا لست في حاجة إليه في منطقة الليزر أثناء تشغيله ويجب أن لا يتواجد سوى المسئولين.
- 6- إذا أردت أن تجرى بعض التعديل أو الضبط للجهاز تأكد أن كل فرد موجود يعلم بما سوف تقوم به لكي يأخذ الاحتياطات اللازمة.
- 7- تأكد أن حزمة الليزر لن تصدم أي مادة قابلة للاحتراق مثل الملابس، الحوائط الخشبية أو الورق.
- 8- كن دائما حريصا على تطبيق شروط السلامة والأمان عند ضبط حزمة الليزر النبضي للأشعة تحت الحمراء باستخدام ورقة سوداء أو مادة مشابهة كهدف.
- 9- يجب أن لا توجه حزمة الليزر في اتجاه الباب أو النافذة إذا كان هناك احتمال وجود أشخاص خارج منطقة تحكم استقبال أشعة ليزر زائدة عن الحدود المسموح بها.
- 10- حزم الليزر التي تحمل عشرات الواط من القدرة الإشعاعية يمكن أن ينجم عنها حرائق لذا يجب عدم توجيهها جهة المواد القابلة للاحتراق مثل الخشب والورق والأقمشة ويجب تفادي أنابيب توصيل الغاز.