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 انفراجها تكون صغيرة جدا. ينتج عن ذلك، لليزرات 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 الذرى أو الجزيئي، وعملية الامتصاص يحددها الطول الموجي. هذا يعنى أن الطول الموجي سوف يحدد النسيج ونوع الليزر المسئول عن إتلافه. والآليات التي تحدث التلف، نتيجة امتصاص الأنسجة أشعة الليزر واحدة لكل الأنظمة البيولوجية، وتشمل تفاعلات حرارية أو عمليات كيموضوئية. درجة مسئولية أي من هذه الآليات فى 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 .

جـ– الطول الموجي لأشعة الليزر.

د– كثافة القدرة (القدرة / سم^2).

2- خصائص الأنسجة

أ – معامل امتصاص الأنسجة لطول موجي معين.

ب– حجم النسيج المتأثر بالأشعة.

جـ– الموصلية الحرارية للأنسجة.

ينتج عن الجزء الممتص من أشعة الليزر تأثيرات كيموضوئية 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 فى التطبيقات الجراحية والعلاجية، فى حين التفلور يفيد فى تشخيص حالة النسيج. على سبيل المثال، يمكن اكتشاف الخلايا السرطانية حتى فى مراحلها الأولى بواسطة التفلور الأحمر المميز لها سواء فى الخلايا الخام أو المحملة بصبغة مناسبة ومشعة بليزر الأشعة فوق البنفسجية.

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

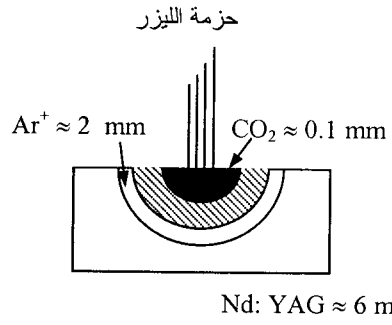
obeikandl.com

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

يعد عمق اختراق أشعة الليزر فى الأنسجة من أهم الخواص الضوئية التي تحدد ملاءمة الليزر للعملية الجراحية. عمق الاختراق الأكبر يكون مرغوبا فيه للتخثر (التجمد) Coagulation فى حين يكون عمق الاختراق القصير أفضل فى قطع الأنسجة. وعمق الاختراق يكون عكس معامل امتصاص أشعة الليزر فى 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 الليزرات، يوضح شكل (28) عمق الاختراق.

جدول (15) يبين معامل الامتصاص وعمق الاختراق فى النسيج لليزرات المختلفة

الليزر	الطول الموجي	عمق الاختراق فى 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_2	10.6ميكرومتر	16 ميكرومتر	600



شكل (28) يبين رسمًا تخطيطيًا لعمق الاختراق.

2.6 التأثيرات الحرارية Thermal Effects

عندما يمتص النظام البيولوجي كمية طاقة إشعاعية كافية فإن ذلك سوف يزيد تذبذب جزيئات النظام ويترتب على ذلك زيادة فى حرارته. وكثير من تلف الليزر يكون نتيجة تسخين النسيج أو الأنسجة الماصة للأشعة. هذا التلف الحراري يكون عادة محصورا فى 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 فى 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 فى حرارتها. ينتج عن هذه الرقعة الحرارية المنتشرة زيادة فى 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 وأيضا درجة حرارة المساحة الأولى للنسيج الساخن. هذا النوع من الضرر الحراري شائع الظهور فى حالة التعرض لليزرات الموجة المستمرة أو الليزرات ذات النبضات الطويلة.

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

إذا زادت درجة حرارة النسيج عن $100^{o}C$فإنها تتعرض للبخر أو الاستئصال اعتمادا 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 $100^{o}C$ يتفحم النسيج أو يتبخر جزئيا مؤديا إلى تفريغ **Vacuolization**. فى مدى درجات الحرارة من $60^{o}C$ إلى $100^{o}C$ يحدث تخثر (تجلط) النسيج من $40^{o}C$ إلى $60^{o}C$ ينتج تحول فى طبيعة بروتين النسيج وأقل من $40^{o}C$ وأعلى من درجة الحرارة المحيطة ينتج **Hyper metabolism** أيض أو تمثيل مفرط فى الأنسجة الحية.

3.6 التأثيرات الكيموضوئية Photochemical Effects

العمليات الكيموضوئية تشمل الامتصاص الجزيئى 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 وخصوصا الشبكية قد تظهر تغيرات غير عكسية تنتج عن التفاعلات الكيموضوئية أثناء التعرض الطويل للمستويات المنخفضة أو المتوسطة من الضوء. هذه التغيرات قد تنتج تلفا للنسيج إذا كانت فترة الإشعاع زائدة أو إذا كان التعرض القصير متكررا على فترات طويلة. بعض التفاعلات الكيموضوئية الناتجة عن التعرض لليزر قد تكون غير عادية أو قد تكون عملية عادية مبالغ فيها.

4.6 التأثيرات البيولوجية لأشعة الليزر على العين
Biological Effects of Laser Radiation on Eye

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

الضوء ذو الطول الموجي أقل من 300 نانومتر يمتص أساسا فى القرنية وبين 300 – 400 نانومتر امتصاصه ضعيف فى القرنية ويمكن أن يصل إلى العدسة حيث يتم امتصاصه. فى 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 فى العين نستطيع تحديد التلف الذي تحدثه هذه الأطوال الموجية على الأجزاء المختلفة فى العين.

أ- تلف القرنية Corneal Damage

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

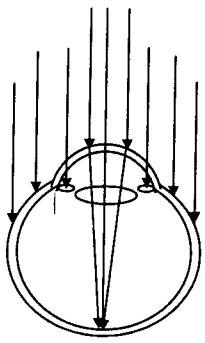
المنطقة فوق البنفسجية {180 – 400 نانومتر}: يأتى التلف من امتصاص أجزاء خلايا القرنية الحساسة انتقائيا لضوء UV. هذا الفعل ليس حراريا ولكن كيموضوئى. يمتص الكثير من البروتينات وجزيئات أخرى (RNA, DNA) الضوء فوق البنفسجي فتتحول طبيعتها بسبب امتصاصها هذه الأشعة . ويمكن أن يسبب التعرض الزائد لضوء UV، ظاهرة الخوف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

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

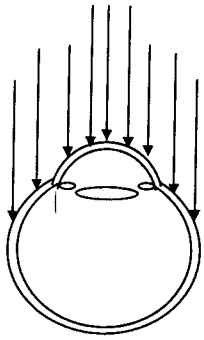
تحت الحمراء {1400نانومتر إلى 1 ملليمتر} ليزر $10600CO_2$ نانومتر تسبب الفقد فى شفافية القرنية أو عدم انتظام السطح نتيجة التعرض الزائد للأشعة تحت الحمراء، تسخين الدموع Tears وماء أنسجة القرنية بالأشعة تحت الحمراء، وعلى عكس الفعل الكيموضوئى للأشعة فوق البنفسجية.

ب- تلف الشبكية Retinal Damage

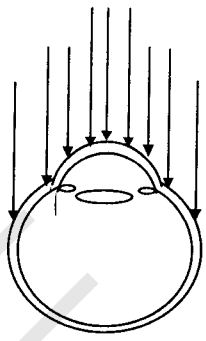
{400 – 1400 نانومتر} يحدث الأذى للشبكية نتيجة تركيز الضوء المرئي أو تحت الحمراء على بقعة متناهية الصغر (صورة) على الشبكية. ويمكن أن تزيد القرنية والعدسة التعرض الإشعاعي لليزر على الشبكية بمقدار تقريبا 100000 مرة بسبب فعل هذا التركيز. والتلف الأكثر خطورة على الرؤية سوف يحدث عندما يتركز الليزر على الجزء 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 فى فترة قصيرة لديها القدرة على إحداث ثقب فى الشبكية. [انظر شكل 29]



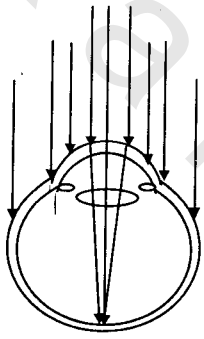
فوق البنفسجية الطويلة والضوء المرئي تتركز عند القرنية والعدسة وتمتص عند الشبكية



امتصاص فوق البنفسجية القصيرة يتم أساسا عند القرنية



امتصاص تحت الحمراء البعيدة عند القرنية



تمتص طاقة تحت الحمراء القريبة عند الشبكية

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

obeikandl.com

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 بالليزرات التي تعمل فى المنطقة المرئية من 400-700 نانومتر ومنطقة تحت الحمراء القريبة من 700 إلى 1060 نانومتر يمكن أن تتفاوت من احمرار معتدل إلى بثرات مؤلمة. إذا كانت كثافة التشعيع عالية للغاية يحدث تلوين، و قرح وبثرات للجلد كما يمكن حدوث تلف للأعضاء التحتية.

التعرض لمستويات معتدلة من أشعة UV(200-400 نانومتر) يمكن أن يؤدى إلى عمليات كيموضوئية ضارة وتكون الآليات البيولوجية لإصلاحها بطيئة (تستغرق عدة ساعات إلى أيام) وأكثرها شيوعا هي احمرار الجلد أو ما تعرف، عامة، بحروق الشمس. ومقدار الضرر يختلف بين الأفراد ويعتمد على عوامل كثيرة تشمل الطول الموجي الخاص، التعرض الإشعاعي الكلى 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 الكلى. فضلا عن ذلك، إذا تعرض شخص لأشعة الليزر أثناء استخدامه له مع تعرض إضافى للأشعة فوق البنفسجية من مصدر (مثل أشعة الشمس، المصباح الشمسي، وأقواس اللحام)، هذه يجب أخذها فى الاعتبار عند تقدير الحاجة الملائمة لوقاية الجلد والعين. والهدف المطلوب هو أن يكون التعرض اليومي الكلى أقل من MPE. إذا كانت كثافة قدرة الليزر عالية للغاية، الأشعة فوق البنفسجية يمكن أن تسبب حروقًا حادة، بثرات وتقرحات 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 (100نانومتر-280نانومتر)	التهاب قرني ضوئي Photokeratosis	احمرار الجلد Erythema تعجيل عملية شيخوخة الجلد
الأشعة فوق البنفسجية B 280-315نانومتر	نفس الشيء	نفس الشيء
الأشعة فوق البنفسجية A 315-400نانومتر	عتامة عين كيموضوئية تلف كيموضوئي وحراري للشبكية	عتامة الصبغة وتفاعلات كيموضوئية
الأشعة المرئية 400- 780نانومتر	تلف كيموضوئي وحراري للشبكية	عتامة الصبغة وتفاعلات كيموضوئية
تحت الحمراء الحارقة A 790-1400نانومتر	عتامة العدسة وحرق الشبكية	حروق الجلد
تحت الحمراء الحارقة B 3 1.40-ميكرومتر	حرق القرنية فقط	حروق الجلد

6.6 تطبيقات الليزر فى التشخيص والعلاج

Applications of Laser in Diagnosis and Therapy

طب العيون Ophthalmology

من أهم الخصائص الرئيسية لأشعة الليزر بأنواعها المختلفة التي جعلت منها أداة طبية فعالة، الاتجاهية الحادة لحزمتها. أصبح الليزر الآن شائع الاستخدام فى علاج أمراض العيون فهو يستخدم منذ فترة طويلة فى 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

obeikandl.com

الطولين الموجيين وتمتص حزمة الأرجون الزرقاء /الخضراء أساسا بالميلانين فى الصبغة الطلائية للشبكية. وينتج التلف بسبب التأثير الحراري وينتج التخثر Coagulation من تحول طبيعة البروتين. فى هذه الحالة تركز حزمة الليزر (Ar^+) على شبكية العين من خلال عدسة العين إذ أن الحزمة الخضراء يمتصها بقوة الميلانين ويؤدى التأثير الحراري الناتج إلى إعادة ربط الشبكية تخثر أوعيتها. كما يستخدم الليزر فى علاج تكور القرنية وأيضا من أهم استخدامات الليزر فى جراحة العيون لعلاج المياه الزرقاء Glaucoma الذي يتسبب عنه فقدان تام للبصر وتدمير العصب البصري. وينشأ هذا المرض عن الزيادة الكبيرة فى 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 فى العين لعمل فتحة صغيرة يمكن من خلالها تسريب الضغط المرتفع فى 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 الكلى لليزر أيون الكريبتون. وفى بعض الحالات تستخدم ليزرات الحالة الصلبة Nd:YAG الياج، وأيضا ليزر الاكسيمر.

طب الأذن والحنجرة Otolaryngology

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

له أهمية خاصة فى 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 فى هذه الحالة ويفضل استخدام ليزر CO_2 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 فى المناطق المتعذر الوصول إليها. وهكذا من الناحية العملية أي منطقة من الجسم يمكن مشاهدتها بواسطة نظام بصري ملائم (مثال عدسات أو مرايا) يمكن إجراء العملية فيها باستعمال الليزر بحزمة.

4- النقص الكبير فى النزيف الدموي والناتج عن كوى الأوعية الدموية بالليزر (إلي حد قطر الوعاء الدموي بحدود 0.5mm ~).

5- التلف المحدود للأنسجة المجاورة (بضع عشرات من المايكروميترات).

6- وعلى الرغم من هذه الفوائد يجب أن نتذكر أن هناك صعوبات لاستعمال الليزر فى الجراحة وهى:

- 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

فى أمراض النساء يستخدم عادة ليزر CO_2. ويستخدم هذا الليزر فى الغالب مع ميكروسكوب (منظار المهبل). وتستخدم حزمة الليزر المركزة فى الجراحة بدلا من المشرط 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_2 تأثيرات بيولوجية تعتمد على كثافة القدرة. وكثافة قدرة بين 50 إلى 150 واط/ سم^2، ينتج عنها تحلل كرات الدم الحمراء لاستئصال الأورام بطريقة إزالة طبقة بعد طبقة. وعندما يستخدم الليزر فى الاستئصال تكون كثافة القدرة اللازمة أكثر من 1000 واط/ سم^2.

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

- الأمراض الباطنية Gastroenterology

أتاح تطور المناظير الطبية بأشكالها المتنوعة، والتقدم فى 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 فى تخثير الأوعية الدموية النازفة ووقف التقرحات الموضعية وقد فتح بذلك مجالا واسعا فى تطبيقات أخرى فى هذا المجال مثل وقف النزيف فى آفات القولون، وتفتيت حصى المرارة، وفى مجارى الصفراء وتفتيت أو قطع جزء من الكبد التالف وتستخدم ليزرات الأرجون والياج وثاني أكسيد الكربون.

- جراحة العظام Surgery of Bones

استخدام الليزر فى الوقت الحاضر من قبل جراحي العظام بدأ يتزايد تزايدا ملحوظا، ومازالت الأبحاث جارية على قدم وساق لتطوير استخدامه فى 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 فى جميع هذه الحالات ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون.

- الأورام الخبيثة Cancer

فى 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 فى 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.

فى الوقت الحالي دخلت طريقة العلاج بالديناميكية الضوئية لعلاج الأمراض السرطانية. بهذه الطريقة تستخدم مشتقة الهيمتوبورفرين **Hematoporphyrin Derivative of HPD** (من صبغة الدم المتواجدة طبيعيا) ويحقن بها المريض. ودرجة امتصاص **HPD** بالخلايا السرطانية أكثر كثيرا من درجة امتصاصها فى الخلايا الطبيعية وهى تتركز وتمتص لمدة تتراوح بين 24 - 48 ساعة فى 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**. وكنتيجة لذلك يعانى **HPD** تحللا ضوئيا مولدا أكسجين أحادى الذي يسبب نيكروزس **Necrosis** للخلايا السرطانية أساسا بسبب تفتت الغشاء. لقد وجد أن **Photodynamic Therapy PDT** يستخدم بنجاح فى حالة سرطانات الرئة والصدر.

يتم الاستئصال الضوئي فى مدى الشدة من 10^{10} إلى 10^{4} **Wat/cm²** وزمن التفاعل فى المدى من 10^{-10} إلى 10^{-3} ثانية. حاليا معظم أعمال الاستئصال تتم بليزرات الاكسيمر فوق البنفسجي. بالرغم من المعارضة، يعتقد أن الأطوال الموجية فى مدى الطيف فوق البنفسجي المفرغ، يكون الاستئصال ناتج عن تحلل فوتوكيميائى. هذا يعنى أن الفوتونات ذات الطاقة أعلى من **4ev** تحلل الجزىء

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

- طب الأسنان Dentistry

يستخدم الليزر فى علاج أمراض الأسنان وذلك فى المجالات التالية:

تطهير وتعقيم الأسنان والضروس وعمل الثقوب فى الضروس تمهيدا لحشوها، تثبيت كبارى الأسنان، تثبيت أطقم الأسنان الصناعية.

- المسالك البولية Urology

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

- علم الجلد Dermatology

أحد التطبيقات المهمة لليزر فى علم الجلد هو إزالة الوشم Tattoos لقد استخدم ليزر CO_2 ببعض النجاح لكنه لسوء الحظ تسبب فى وجود آثار واضحة مكان الوشم. والجهاز الأفضل هو ليزر الياقوت بتحويل Q والطول الموجي لليزر الياقوت (694 نانومتر) يناظر منطقة الحد الأدنى لامتصاص الهيموجلوبين هذا مهم جدا لكي نتفادى امتصاص الدم للحزمة. فى الواقع الضوء الأحمر ينفذ خلال الجلد وإلى النسيج التحتي له. تستخدم أيضا ليزرات الأرجون أو الياج لإزالة وتبخير الوشم الجلدي وإزالة الأورام العرقية الدموية واستئصال الدوالي الوريدية كما يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون فى حالة التقرحات الجلدية الدهنية المتعددة.

- جراحة الأعصاب Neurosurgery

يستخدم ليزر CO_2 فى استئصال الأورام السحائية وتقويم التشوهات فى

obeikandl.com

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 فى 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_2	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 المحفظة الخلفية طب الأسنان
		نموذج الغلق	_	0.5mj	20-30psec	استئصال المحفظة الخلفية
Diode	.904nm	CW	100mW	_	_	الحث الحيوي (تخفيف الآلام)

تابع جدول (17)

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

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 1500مرة 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 فى حزمة معرفة فى حدود ضيقة. وكما ذكرنا سابقا فإن شعاع الليزر له أثارا مدمرة على العين والجلد. لذلك يجب أن نجنب عيوننا وجلدنا التعرض لأشعة الليزر.

معايير الأمان لليزر Laser Safety Standards

يوجد فى المملكة المتحدة معيار بريطاني بعنوان أمان أشعة منتجات وأنظمة الليزر Radiation Safety of Laser Products and Systems منشورة فى ثلاثة أجزاء: الجزء الأول عام والجزء الثاني مخصص لاحتياجات تصنيع منتجات الليزر، أما الجزء الثالث والأخير ترشيد 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 التى 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 وقتا لست فى حاجة إليه فى منطقة الليـــزر أثنـــاء تشـــغيله ويجـــب أن لا يتواجد سوى المسئولين.

6- إذا أردت أن تجرى بعض التعديل أو الضبط للجهاز تأكد أن كـــل فـــرد موجـــود يعلم بما سوف تقوم به لكي يأخذ الاحتياطات اللازمة.

7- تأكد أن حزمة الليزر لن تصدم أي مادة قابلة للاحتراق مثـــل الملابـــس، الحـــوائط الخشبية أو الورق.

8- كن دائما حريصا على تطبيق شروط السلامة والأمان عند ضـــبط حزمـــة الليـــزر النبضي للأشعة تحت الحمراء باستخدام ورقة سوداء أو مادة مشابهة كهدف.

9- يجب أن لا توجه حزمة الليزر فى اتجاه الباب أو النافـــذة إذا كـــان هنـــاك احتمـــال وجود أشخاص خارج منطقة تحكم استقبال أشـــعة ليـــزر زائـــدة عـــن الحـــدود المسموح بها.

10- حزم الليزر التى تحمل عشرات الواط من القـــدرة الإشـــعاعية يمكـــن أن يـــنجم عنها حرائق لذا يجب عدم توجيهها جهة المواد القابلة للاحتـــراق مثـــل الخشـــب والورق والأقمشة ويجب تفادى أنابيب توصيل الغاز.