الباب الثالث

قواعد السلامة
من
مخاطـــر اللـــيزر

الفصل الأول

مخاطر الليزر الطبى

كل تقنية جديدة تتطلب الحرص والمتابعة، لدرء الأخطار التى قد تتأتى منها..!

ومن خلال معرفة تطبيقات الليزر فى الطب - والتى تناولناها فى الباب السابق - يتضح أن استعمال الليزر فى الطب أو فى أى مجال آخر قد يكون مؤذياً إذا لم تتخذ الاحتياطات المناسبة، ومع أن أذى العين هو الضرر الأساسى شكل (٥٢)، فإن تلف الجلد يعتبر خطراً حقيقياً أيضاً عند استخدام ليزر الموجة الحاملة (C.W) ذات القدرة العالية أو الليزرات النبضية ذات الطاقة العالية، والأضرار النسبية تعتمد حقيقة على طول الموجة للأشعة المستخدمة[١٠٦] **وفيما يلى بعض الأضرار المحتملة الحدوث:**

أولاً: الضرر على العين: إن خطر الليزر على العين وارد، وقد يصيب الجراح والمحيطين به من العاملين فى غرفة العمليات، ويتبين ذلك عندما تنعكس أشعة الليزر على بعض الآلات الجراحية المعدنية.

ويؤكد الباحثون أن تأثير الليزر على العين يختلف باختلاف الطول الموجى، فالأطوال الموجية فى المنطقة تحت الحمراء لليزر ثانى أكسيد الكربون قد تؤدى إلى أذى للجزء الأمامى (القرنية) من العين.

أما إذا تمركز شعاع الليزر من خلال عدسة العين على الشبكية فإنه قد تحدث عتامة أو سواد "Scotoma" نتيجة لذلك.

وبالنسبة لتعرض الشبكية للإشعاع فتوجد جداول تحدد الجرعة المسموح بها. كما توجد جداول للطاقة المسموح بها فى حالة الضوء غير المباشر عند سقوطه على القرنية.

ثانياً: الضرر على الجلد: قد يصاب الجلد بحروق عند التعرض لشعاع الليزر المباشر أو المنعكس، وكلما كانت مساحة السطح المعرض كبيرة كان التأثير حاداً ومزمناً وهذا ما يجعل الجلد الأكثر عرضه لأضرار الليزر. وإن كانت إصابات الجلد أقل أثراً من الأذى الذى قد يصيب العين.

ويتوقف الضرر الناتج عن التأثيرات الحرارية للتعرض لأشعة الليزر على العوامل التالية:

١- معامل الامتصاص والتشتت للأنسجة على الطول الموجى لأشعة الليزر.

٢- الشدة الضوئية لشعاع الليزر أو الطاقة المصاحبة.

٣- زمن التعرض لشعاع الليزر.

٤- مدى وكثافة سريان الدم في الجزء المعرض.

٥- حجم المساحة المعرضة.

ويتم امتصاص ٩٩٪ من الإشعاع الذى يخترق الجلد فى طبقة سمكها ٤مم من الأنسجة إذا كان الإشعاع فى المدى الطيفى من ٠,٣ إلى ١ ميكرون.

ثالثا: مخاطر التيار الكهربائى: ويقصد بها الكوارث التى قد تحدث نتيجة سوء التشغيل فقد تتفاعل أشعة الليزر مع الغازات القابلة للاشتعال فى مادة التخدير العام مما قد يؤدى إلى انفجار أو حريق. كذلك قد تحدث صعقات كهربائية كنتيجة لوجود جهد كهربائى عال فى تشغيل أجهزة الليزر.

رابعا: أضرار دخان الاحتراق: ينتج عن الاحتراق الحرارى بالليزر أنواع من الدخان والعوادم، وفى مكان العمل قد تحدث أضرار بالغة نتيجة استنشاق الجزيئات الدقيقة الناتجة عن الاحتراق، بداية من تهيج الأغشية المخاطية إلى العدوى ببعض الفيروسات، واحتمال كون هذه المخلفات مسرطنة Carcinogenic.

خامسا: حوادث الليزر: فى حال عدم اتباع إرشادات السلامة والأمان اللازمة لكل ليزر[١٠٧] قد تحدث بعض الحوادث، فقد تسقط ألياف الليزر المرنة فجأة من جهاز المنظار أو من يد الجراح، وقد يؤدى ذلك إلى أضرار غير متوقعة نتيجة انتشار الليزر، فيجب الحذر والحيطة عند استخدام جهاز الليزر، وأخذ الوضع الصحيح والمكان المناسب لكل من: الجراح والممرضة والمريض وجميع الأفراد المعاونين أثناء استعمال جهاز الليزر.

الفصل الثانى

الحدود القصوى للتعرض لأشعة الليزر[١٠٨]

حتى ندرك مدى خطورة أشعة الليزر نذكر فيما يلى الحدود القصوى للتعرض (MEL) البصرى والجلدى لبعض أنواع أشعة الليزر المستخدمة فى العلاج والتشخيص، والتى تم قياسها عندما لا يكون الشخص تحت التخدير، ويحدث الضرر عند تضاعف تلك الحدود من «١» إلى «١٠» مرات:

- **أولاً: ليزر غاز الأرجون:**
  - * طوله الموجى ٤٨٨ – ٥١٤,٥ نانومتر.
  - * الحد الأقصى للتعرض البصرى ١ ميكروواط/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠,٠٠٠ ثانية.
  - * الحد الأقصى للتعرض الجلدى ٢٠٠ ملى وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠ ثانية.
- **ثانياً: ليزر الهيليوم – نيون:**
  - * طوله الموجى ٦٣٢,٨ نانومتر.
  - * الحد الأقصى للتعرض البصرى ١٧ ميكروواط/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠,٠٠٠ ثانية.
  - * الحد الأقصى للتعرض الجلدى ٢٠٠ ملى وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠ ثانية.
- **ثالثاً: ليزر النيوديميوم – ياج:**
  - * طوله الموجى ١٠٦٤ نانومتر.
  - * الحد الأقصى للتعرض البصرى ١٦٠٠ ميكرو وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠,٠٠٠ ثانية.
  - * الحد الأقصى للتعرض الجلدى ١٠٠٠ ملى وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠ ثانية.
- **رابعاً: ليزر ثانى أكسيد الكربون (CO_2):**
  - * طوله الموجى ١٠٦٠٠ نانومتر.

* الحد الأقصى للتعرض البصرى ١٠٠ ملى وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠ ثانية.
* الحد الأقصى للتعرض الجلدى ١٠٠ ملى وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠ ثانية.

- **خامساً: ليزر زرنيخات – الجاليوم:**

* طوله الموجى ٩١٠ نانومتر.
* الحد الأقصى للتعرض البصرى ٨٠٠ ملى وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠,٠٠٠ ثانية.
* الحد الأقصى للتعرض الجلدى ٥٠٠ ملى وات/ سنتيمتر مربع لفترة أكثر من ١٠ ثانية[١٠٩].

الفصل الثالث

تصنيف الليزر وفقاً لخطورته

يعتبر أى نوع من شعاع الليزر خطراً على الجسم عند التعرض له، لذا يجب أن يراعى فى استعمال أجهزة الليزر المختلفة الضوابط الأمنية فى السلامة عند تشغيله، وتجنب التعرض لأشعته خارج الحدود المسموح بها. وقد وضعت الهيئة الراديولوجية الصحية "BRH"[١١٠] ، ومعهد الليزر الأمريكى "LIA" التصنيف العام لكل أنواع أجهزة الليزر وفقاً لخطورتها بالإضافة إلى أنها أجبرت الشركات المنتجة على التقيد فى وضع المتطلبات الأمنية للأنواع المختلفة:

(١) الصنف الأول: أجهزة الليزر المستثناة او المعفاة Class "I"

ويعتبر هذا الصنف من أجهزة الليزر غير خطر على مساحة الجسم، وكمثال على هذا النوع ليزر أشباه الموصلات من نوع زرنيخات الجاليوم Ga - As الذى تتراوح طول موجته من ٨٢٠ إلى ٩٠٥ نانومتر، وطاقته أقل من أجزاء المللى وات، ولكن يجب تجنب النظر المباشر لأشعته.

(٢) الصنف الثانى: أجهزة الليزر ذات القدرة الضئيلة Class "II"

ويعتبر هذا الصنف من أجهزة الليزر التى تبعث بشعاع قدرته أقل من واحد مللى وات، وتسبب هذه الليزرات أضراراً لشبكية العين عند التعرض لها مباشرة أو غير مباشرة، أى بعد انعكاسها على السطوح البراقة.

لهذا لابد أن تزود هذه الأنواع بضوء إرشادى «pilot Light» وكذلك تزود بفتحة إغلاق «Shutter» للحزمة تستخدم فى إيقاف الأشعة فى حالة عدم استعمالها، ويجب وضع إشارة تحذيرية «Caution» تنبه إلى أخطارها.

(٣) الصنف الثالث "III" Class

يقسم الصنف الثالث إلى قسمين IIIB, IIIA.

ويصنف ليزر غاز الهيليوم – نيون الذى لا يبعث بأكثر من ٤ مللى وات فى مجموعة IIIA التى تكون عالية الخطورة على العين، ويجب وضع الإشارة التحذيرية "Caution" عللى الصنف IIIB من الليزرات التى تبعث بشعاع قدرته تتراوح بين ٤ إلى ٥٠ مللى وات، والتعرض المباشر لشعاعه يتلف العين، ولليزرات هذا الصنف يجب أن تحمل فتحة إغلاق "Shutter" وضوءاً إرشادياً "Pilot Light" وإشارة الخطر "Danger" ، ويتم تشغيله تحت إشراف المختصين.

(٤) الصنف الرابع "IV" Class

تصل قدرات أشعة الليزرات فى هذا الصنف إلى ٥٠ وات مثل ليزر غاز ثانى أكسيد الكربون "CO_2" والياج Nd: YAG ، والزجاج Nd: Glass، وما يماثلها، والباعثات لقدرات متوسطة (١–١٠٠ وات)، والكثير منها تستخدم فى الجراحة الطبية.

يكون الشعاع المباشر والمنعكس من هذه الليزرات عالى الخطورة على العين وبعض المواضع الأخرى فى الجسم إذا تعرضت له لفترة معينة.

ويجب أن توضع إشارة الخطر "Danger" التحذيرية على هذه الأجهزة، بالإضافة إلى المتطلبات الأخرى سالفة الذكر، ويمنع تشغيل هذا الصنف إلا عن طريق المختصين حيث أن التعرض المباشر وغير المباشر يسبب أضراراً كثيرة للجسم. **شكل (٤٨)**.

(٥) الصنف الخامس "Class "V

تحاط هذه الليزرات ذات القدرات العالية جداً بحاجز وقائى دائم، وتفحص دورياً للتأكد من سلامة الحاجز من التلف وعدم تسرب الشعاع منه، ويجب فحص نظام إقفال السلامة فى هذه الأجهزة قبل كل عملية تشغيل للتأكد من صلاحيتها.

يؤدى التعرض لهذا الصنف إلى مخاطر جسيمة على حياة الإنسان والمنشآت، وهى تقتل الإنسان فى أجزاء من الثانية، وتسبب حرائق فى المنشآت، ومن أنواع هذه الليزرات فائقة القدرة ليزرات غاز ثانى أكسيد الكربون، والياج، والزجاج، والياقوت... إلخ، وتتراوح قدراتها من ١٥٠ إلى ترليون وات.

وبصورة عامة، لكل الأنواع يجب استعمال النظارات الواقية لحماية العين من انعكاسات الأشعة، وتختلف هذه النظارات باختلاف شعاع الليزر وقدرته وطول موجته، ولكل ليزر نظاراته الواقية، ويجب استخدامها دائماً مع عدم التعرض المباشر إلى أى نوع من أنواع الليزر حتى منخفضة القدرة منها، كما يجب حماية أعين زوار معامل الليزر بهذه النظارات.

هذا، وإن التعليمات والأنظمة بالنسبة لهيئات السلامة والأمان لأشعة الليزر عرضة للتغيير والإضافة، لذا يجب على مستعملى الليزر متابعة هذه التغييرات[١١١].

الفصل الرابع

إرشادات الأمان فى استخدام الليزر

إذا تم استخدام الليزر حسب الشروط والمواصفات الموضوعة فإنه يعتبر من أكثر الطرق أماناً فى علاج معظم الحالات التى وصفت آنفاً، ولكن تحدث - أحياناً - مضاعفات بسيطة تكون مؤقتة يمكن علاجها، ولكن إذا استعمل بعد فوات الوقت أو بعد حدوث المضاعفات فإنه لا يجدى، وتحدث مضاعفات قد تؤدى إلى عواقب وخيمة[١١٢].

وتتضمن الاحتياطات الجيدة للأمان عند استخدام أشعة الليزر ما يلى:

(أ) الحماية من الاحتراق الداخلي والخارجي لمواد التخدير:

١- تجنب الغازات القابلة للاشتعال عند استعمال مادة التخدير.

٢- حماية الأنابيب الناقلة لهذه الغازات بقطع قماشية مشبعة بالمياه المالحة فى حالة ليزر ثانى أكسيد الكربون "CO_2" .

٣- استخدام أنابيب معدنية لنقل غازات التخدير من النوع الذى لا يعكس ضوء الليزر.

٤- عدم استعمال الأغطية الورقية لاحتمال اندلاع الحرائق فيها عند تماسها مع أشعة الليزر ويستعاض عنها بأغطية قماشية خاصة لهذه الغاية.

٥- الفحص الدقيق للأغطية المحتوية على مادة الاسبستوس "Asbestos" أو أية مادة فحمية، والتأكد من عدم تطاير جسيمات صغيرة منها قد تعلق فى الأنسجة المحيطة وتسبب التلوث أو تعمل على امتصاص أشعة الليزر وتشتيتها.

(ب) الحماية الشخصية ضد انعكاسات الليزر من الأدوات:

١- تفحص غرفة عمليات الليزر بدقة للتأكد من عدم وجود أجسام عاكسة لضوء الليزر، وتستعمل أدوات جراحية مطلية أو مغطاة من الخارج لمنع انعكاس الأشعة منها، ودرء احتمال إصابة الأشخاص العاملين، ويعتمد نوع الطلاء أو الغطاء على طول موجة الليزر. **شكل (٤٩)**.

٢- تغطى الأنابيب المطاطية أو الفولاذية المستعملة فى نقل الغازات المتنوعة بقطع قماشية خاصة لمنع الانعكاس، أو اختراق الأشعة لهذه الأنابيب.

٣- يجب استخدام واقيات الأعين الخاصة بنوعية الليزر لجميع العاملين فى غرفة

العمليات، وكذلك يتم حماية عين المريض بقطع قماشية سميكة بعد وضع غطاء بلاستيكى مطلى بالفضة على كرة العين.

(جـ) الحماية من التلوث الهوائى الناتج من تبخير الأنسجة:

١- تؤدى عملية تبخير الأنسجة الحية إلى تلوث الهواء المحيط، ويجب استخدام ساحبات هواء جيدة للتخلصمن التلوث.

٢- العمل على جعل غرف عمليات الليزر - بصورة عامة - جيدة التهوية.

(د) الحماية من الجهد الكهربائى العالى لأجهزة الليزر:

تعتمد أجهزة الليزر بصورة عامة على مصدر كهربائى ذى جهد عال، لذا يجب أخذ احتياطات السلامة الكهربائية المصاحبة لمثل هذه الأجهزة والحرص على تزويد الأجهزة بها لتفادى حدوث الصعقات الكهربائية للعاملين.

(هـ) التأكد من سلامة اجهزة واشعة الليزر:

١- يجب التأكد من خواص الشعاع الليزرى قبل أى استعمال **شكل (٥٠)**، ومن ذلك تطابق أشعة الليزر غير المرئية الموجهة، وكذلك قيمة قدرة الشعاع وكثافته فى نقطة تماسه مع النسيج، واتجاه الحزمة الليزرية، ونقطة تركيز الأشعة ومقدار طاقة الشعاع.

٢- العمل على وجود فنى مدرب على استخدام أجهزة الليزر وخواص شعاعه، ويمتلك المؤهلات والقدرة على القيام بعملية الفحص الدورى النوعى للأجهزة والشعاع والتأكد من سلامتها وصحة خواصها المطلوبة.

٣- عدم السماح للأشخاص غير المدربين جيداً على تقنيات الليزر باستخدامه.

٤- تقليل تحريك أجهزة الليزر من غرفة إلى أخرى ما أمكن ذلك، للمحافظة على التطابق الهندسى لأشعته.

٥- يفضل عزل إحدى غرف العمليات لأجهزة الليزر، لضمان وجود تعليمات السلامة.

٦- يجب التأكد بصورة عامة من نوع الجراحة المراد القيام بها مثل قطع الأنسجة أو تبخيرها، أو لحامها، وتوافق الليزر المستخدم معها.

٧- وضع سجل خاص لاستعمالات الليزر فى الجراحة يكتب فيه كافة التفاصيل الضرورية المتعلقة بنوع الليزر وقدرته، وطاقته، وكثافة القدرة، ونوع الأنسجة،

والعمل الجراحى سواء كان قطع أو لحام أو تبخير، ونتيجة العملية والمتابعة[١١٣].

٨ – توضع إشارة ضوئية خاصة خارج أبواب غرفة العمليات للتحذير من نوع الليزر.

٩– المراجع الدورية المتابعة لتعليمات السلامة والأمان فى استخدام أشعة الليزر.

الخاتمة:

قصة الليزر بدأت منذ زمن بعيد، وقد تمتد إلى الأساطير القديمة المعبرة عن رغبة الإنسان فى الحصـــول على سـلاح حاسم ذخيرته شعاع من الضوء **شكل (٥١)**.

ولكن التاريخ العلمى لأشعة الليزر بدأ منذ منتصف القرن التاسع عشر، ففى عام ١٨١٩م، نظم «هانز أورستد» أستاذ الطبيعة بجامعة «كوبنهاجن» العلاقة بين المغناطيسية والكهرباء بملاحظة تصرفات إبرة البوصلة المغناطيسية عندما توضع بالقرب من سلك يمر به تيار كهربائى.

ثم جاءت الخطوة الكبرى عندما برز إلى ساحة البحث، العالم الأمريكى «جارلس تاونس» (١٩١٥-١٩٦٤م) فقد بدأ «تاونس» فى عام ١٩٥١م أبحاثه، وفى عام ١٩٥٣م توصل وطلابه إلى اكتشاف «الميزر» وحوالى عام ١٩٥٧م بدأ يفكر فى صنع ميزر يطلق أشعة تحت حمراء أو أشعة ضوئية بدلاً من الأمواج الدقيقة، حيث نشر عام ١٩٥٨م بحثًا نظريًا حول ما يسمى بالميزر الضوئى (الليزر)[١١٤].

وفى يوم ٧ يوليو عام ١٩٦٠م أصبحت النظرية حقيقة بإعلان «مايمان» نجاح أول ليزر تطبيقى من مادة الياقوت الصناعى. ومنذ ذلك الحين واسم «الليزر» "LASER" يتألق ويتشعب، فاتحًا المجال لعدد لا يحصى من التطبيقات، وما زال المستقبل يخفى الكثير من التطبيقات فى طياته. **شكل (٥٢)**.

بسرعة مذهلة تطورت الليزرات، وتطور استخدامها فى الطب من أجل إجراء عمليات وتطبيق طرق جديدة لعلاج الأمراض، ولقد أثبت كفاءة عالية فى الجراحة بصفة عامة، وفى الجراحات الدقيقة بصفة خاصة، وأصبح - اليوم - شائع الاستخدام فى معظم الفروع الطبية.

وأعتقد أن تكنولوجيا الليزر قد وجدت لكى تستمر، وسوف تتطور بخطى موزونة نحو زيادة كفاءة الأجهزة الأقدم (مثل الياقوت و CO_2 والأرجون والياج...) وتطوير أجهزة جديدة مثل ليزر النحاس وليزر بخار الذهب والإكسيمير، وأتوقع لأشعة الليزر وأجهزته مستقبلاً مذهلاً مشرقًا فى العلوم الطبية خاصة عند دمجه مع تقنية الألياف الضوئية.

وبالنسبة للعلاج بأشعة الليزر، فهو فى بداياته الأولى حتى الآن، إذ قد يؤدى اكتشاف عقاقير جديدة قادرة على التركيز فى الخلايا السرطانية وتمتص الأطوال الموجية لأشعة الليزر إلى فتح الأبواب أمام تقنية جديدة وحديثة للعقاقير، وإلى ليزرات متطورة حديثة، ولسوف تتطور هذه الليزرات بشكل سريع، لتغدو أكثر انتقائية

واصطفائية فى قتل الخلايا الخبيثة دون السليمة، إضافة إلى أن الوصول بها بوساطة الألياف الضوئية والمناظير إلى داخل تجاويف الجسم **شكل (٥٣)**، سيجعلها فى مقدمة التقنيات العصرية لهذا القرن فى التشخيص والعلاج.

وهناك فى الأفق إضافة إلى التطور فى أساليب الجراحات المختلفة والعلاج، أبحاث لها قيمة علمية كبيرة ومنها الجراحات الدقيقة لداخل مكونات الخلايا الحية نفسها من جينات وراثية وغيرها.

ويعتبر الليزر إذا تم استخدامه حسب الشروط والمواصفات الموضوعة من أكثر الطرق العلاجية نجاحاً، فضلاً عن كونه أكثرها أماناً فى علاج معظم الحالات التى ذكرت آنفاً.

ولا يدع هذا الكتاب ثغرة فى جدار تلك التقنية إلا ووضع فيها اللبنة المناسبة، فيمد القارئ بالمعلومات والمصطلحات والمراجع وأحدث ما نشر عن هذا الموضوع فى الدوريات المحلية والعالمية.