العنوان:	دراسة فعالية تسوية الجلد باستخدام ليزر ثنائي أوكسيد الكربون Co2 في معالجة الندبات الجلدية
المؤلف الرئيسي:	الصباغ، رهف عبدالعزيز
مؤلفين آخرين:	حمادي، نضال، دلة، محمد(معد، مشرف)
التاريخ الميلادي:	2008
موقع:	دمشق
الصفحات:	1 - 78
رقم MD:	588394
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة دمشق
الكلية:	كلية الطب البشري
الدولة:	سوريا
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الندبات الجلدية، الأمراض الجلدية
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/588394

© 2020 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الطب البشري
مشفى الأمراض الجلدية والزهرية الجامعي

دراسة فعالية تسوية الجلد باستخدام ليزر ثنائي أوكسيد الكربون CO2 في معالجة الندبات الجلدية

Study of the efficiency of skin resurfacing using carbon dioxide laser CO2 for the treatment of skin scars

((بحث علمي أعد لنيل شهادة الدراسات العليا في قسم الأمراض الجلدية والزهرية بجامعة دمشق))

إعداد طالبة الدراسات العليا

د.رهف عبد العزيز الصباغ

برئاسة **إشراف**

الأستاذ المساعد الدكتور نضال حمادي **المدرس الدكتور محمد دلة**

١٤٢٩هـ - ٢٠٠٨م

كلمة شكر

أتوجه بالشكر إلى المدرس الدكتور محمد دلة الذي كان له كبير الفضل في إنجاز هذا العمل وإلى رئيس القسم وأعضاء الهيئة التدريسية وجميع الزملاء والعاملين في المشفى .

رهف

الدراسة النظرية

الفصل الأول

الندبات الجلدية
Dermatologic Scars

التعريف:

الندبة هي منطقة من النسيج الليفي تحل محل النسيج الطبيعي بعد الأذية[١]، وتنتج عن العملية البيولوجية المسؤولة عن إصلاح الجروح في الجلد وفي الأنسجة الأخرى، فهي جزء طبيعي من عملية الالتئام. ولا تشبه الندبة النسيج الذي حلت محله وهي أقل منه فائدة وظيفية. فالندبة الجلدية أقل مقاومة للأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation (UVR) ولا تحوي غدداً عرقية أو أجربة شعرية[٢].

تحدث الندبات الجلدية عندما تتجاوز الأذية مستوى الموصل البشروي الأدمي Dermoepidermal junction (DEJ) وتتناسب شدتها مع شدة الأذية وتتكون عادة مستوية وشاحبة وترسم شكل الأذية الأصلية. كما يجب الانتباه إلى أن الاحمرار الذي يتلو الأذية الجلدية ليس بندبة، وهو يشفى بعد فترة من الزمن تتراوح من أيام إلى أسابيع وحتى سنوات[٣].

الأسباب:

تشمل جميع الأذيات الخارجية أو المرضية التي تتجاوز مستوى الغشاء القاعدي (DEJ).

١- **الأسباب الجراحية:** إن تشكل الندبة أمر ملازم لكل عمل جراحي، وعلى الجراح أن يحاول جعل الندبة أجمل وأصغر ما يمكن. فالندبة المثالية عبارة عن خط رفيع على مستوى سطح الجلد مندمج مع الثنيات الجلدية الطبيعية.

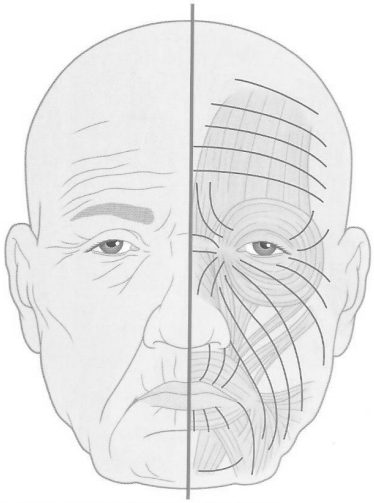
يمكن للجراح أن يحقق أفضل النتائج التجميلية للجرح بمراعاة الأمور التالية:

أ- **تقنية الخياطة:** إن قلب حواف الجرح woundeversion إجراء مهم جداً للحصول على ندبة ضيقة ويتحقق ذلك بمراعاة إدخال الإبرة بشكل عمودي في الخياطة البسيطة، وربما احتيج إلى إجراء خياطة تحت الجلد أو خياطة ماترس العمودية. ويمكن بعد إزالة القطب الاستعانة بالأشرطة اللاصقة Steri-Strips ريثما يندمل الجرح بشكل جيد.

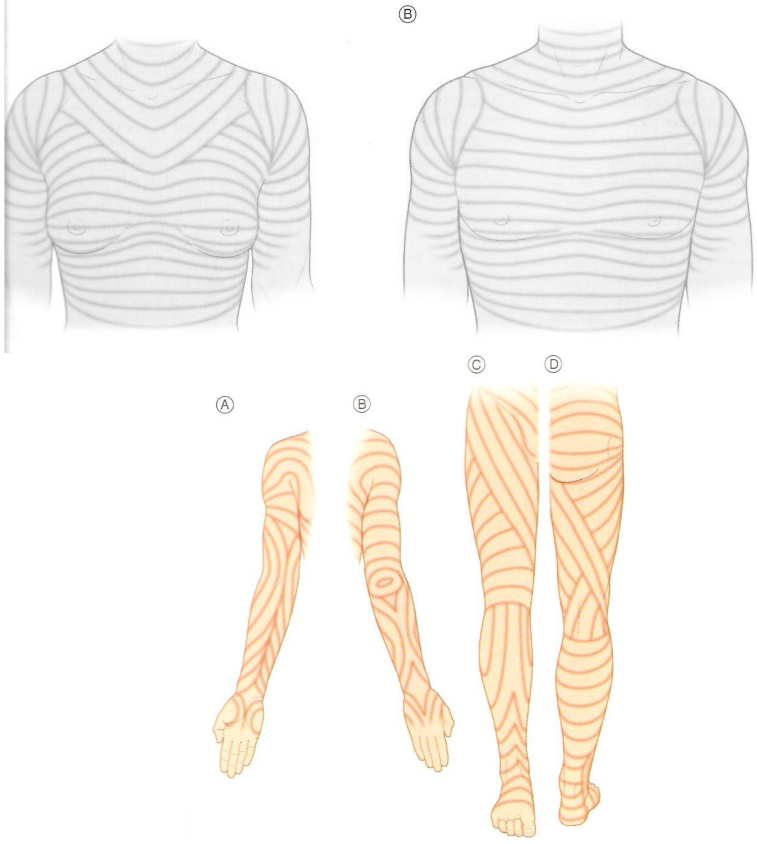
ب- مراعاة الخطوط الجلدية Relaxed Skin Tension Lines (RSTL):

يجب أن يكون محور الجرح أو الشريحة موازياً لهذه الخطوط، أما الجروح ذات المحور العمودي عليها فتتعرض لشد زائد يؤدي إلى زيادة عرضها وتكون أكثر وضوحاً من الجروح الموازية[٤].

تبين الأشكال التالية خطوط الشد الجلدية في الوجه والجسم.



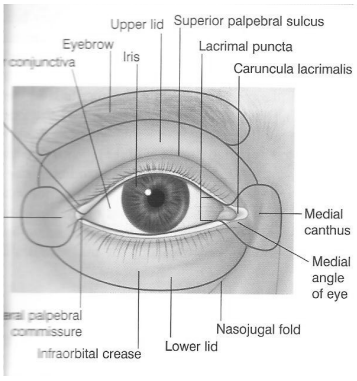
شكل رقم (١): يبين خطوط الشد الجلدية في الوجه وعلاقتها بالعضلات الوجهية

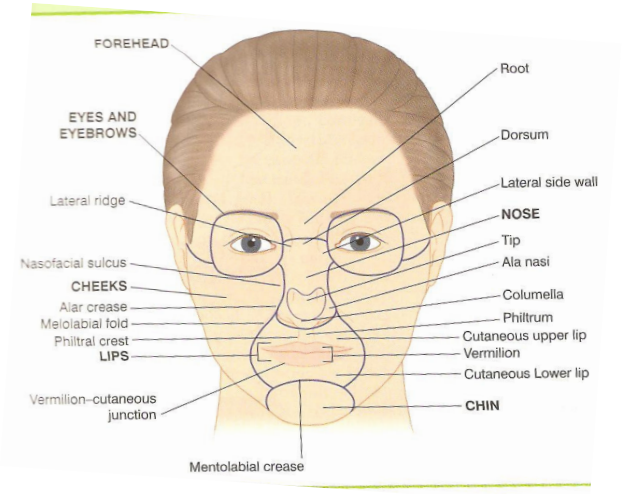


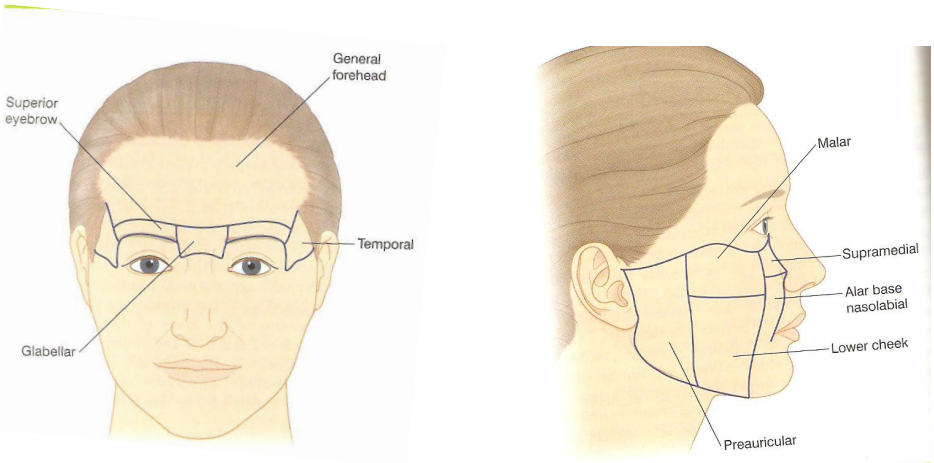
شكل رقم (٢): يبين خطوط الشد الجلدية في الجذع والأطراف.

ج-مراعاة الوحدات التجميلية Cosmetic Units:

يمكن تقسيم الوجه إلى عدة مناطق متميزة عن بعضها البعض بقوامها تفصل بينهـــا نقـــاط وخطوط تشريحية تسمى الوحدات التجميلية يبينها الشكل التالي:







شكل رقم (٣): يبين الوحدات التجميلية في الوجه.

إن التخطيط لخط الجرح بحيث يكون على الخط الفاصل بين الوحدات التجميلية يؤدي إلى نتائج جمالية أفضل كما أن الطعوم والشرائح يجب أن تصمم بحيث تغطي الوحدة التجميلية بكاملها[٥].

٢- **الحروق:** بأنواعها المختلفة: الحرارية، الكيماوية، الكهربائية...
تشفى حروق الدرجة الأولى والدرجة الثانية السطحية بدون تشكل ندبة. أما حروق الدرجة الثانية العميقة وما دونها فتشفى مع تشكل ندبات[٦].

٣- **الرضوض:** وتنتج عن السقوط أو الاصطدام، وتؤدي إلى عدة أنواع من الأذية: قد تكون على شكل تسحج أو تآكل أو بشكل ثاقب (عميقة وضيقة)، وقد تترك لتتدمل بالمقصد الثاني، أما إذا أجري تقريب للحواف مع خياطتها فتصنف عندها مع الندبات الجراحية.

٤-**الأخماج الجلدية:** الجرثومية (دمامل عميقة، ذأب شائع، إكتيما...) والفيروسية (الحماق) والفطرية (الفطور العميقة : الشعريات المبوغة) والطفيلية (اللشمانيا...).

٥-**العد الشائع:** سبب هام وشائع للندبات خاصة أن معظم الندبات العدية تتوضع على الوجه.

٦-**أمراض جلدية التهابية وغيرها:** الذأب الحمامي القريصي، البورفيريا، الحصاف وقسي الشكل، بعض التهابات الأوعية والتهابات السبلة الشحمية...

الآلية الإمراضية[٧،٨]:

لابد لفهم آلية تشكل الندبات من إلقاء نظرة على آلية التئام الجروح. لأن تشكل الندبة هو المرحلة النهائية لالتئام الجروح، حيث تقسم إلى ثلاث مراحل متتالية ومتداخلة هي:
أ- **المرحلة الالتهابية: Inflammatory phase:** تتلو الأذية مباشرة، وتلعب فيها الصفيحات دوراً هاماً بتشكيلها للخثرة، تشارك فيها الخلايا الالتهابية لاسيما المعتدلات والبالعات وتقوم بتنظيف سرير الأذية من حطام الخلايا و من الجراثيم، وتطلق الصفيحات والخلايا الالتهابية عوامل نمو وسيتوكينات تؤدي إلى انتقال الجرح إلى المرحلة التالية وهي المرحلة البنائية أو مرحلة تشكل النسيج الجديد.

ب- المرحلة البنائية Proliferation and tissue formation phase:

يحدث فيها هجرة للخلايا المقرنة من حواف الجرح ومن الملحقات الجلدية في سرير الجرح، ويحدث أيضاً هجرة للأرومات الليفية حيث تقوم بتشكيل الكولاجين وتكدسه في مكان الأذية، كما يحدث في هذه المرحلة تشكل أوعية دموية جديدة.

ج- مرحلة إعادة القولبة Remodling Phase:

يتم تهديم النسج المتشكلة في المرحلة السابقة وإعادة بنائها بشكل أكثر ملاءمة بحيث تنتج ندبة تملك ٧٠% من قوة الشد الأصلية للنسيج، تقوم أنزيمات متعددة مثل البروتياز المعدنية المطرقية Matrix Metaloprotienase (MMP)، والكولاجيناز بتحطيم النسج وتقوم الأرومات الليفية بإنتاج شبكة من الفيبرونكتين تشكل مرتكزاً للندبة المستقبلية، ويستبدل حمض الهيالورونيك بالبروتيوغليكان، ويبرز دور الخلايا العضلية الليفية Myofibroblasts في تصغير حجم الندبة وتقريب حواف الجرح.

الوصف الترسيمي للندبات Topographic Analysis of Scars:

يشمل التوصيف الشكلي للندبات وصف الحواف، والشكل، واللون، والموقع، وعدد الطبقات الجلدية التي شملتها الندبة[١].

أ- **وصف الحواف:** يمكن وصفها بأنها مرتفعة، مفرطة التصنع، جدرة، ضامرة، منخفضة، وفيما إذا أدت إلى تشويه بنية مجاورة مثل شتر الجفن أو الشفة.

ب- وصف الشكل: هل هي خطية أو منحنية، طولها وعرضها، هل هي ضيقة وعميقة أم عريضة وسطحية..

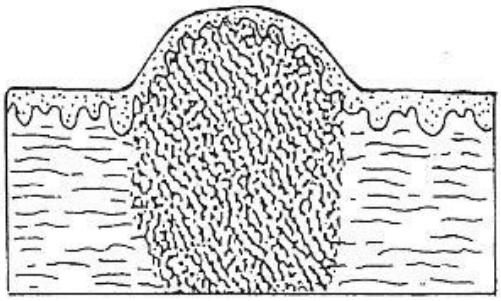
ج- وصف القوام: يتحدد قوام الندبة بقوام البشرة والأدمة الحليمية وكثافة الملحقات الجلدية فيها وكذلك بعمر الندبة. ويتبدل معدل إنتاج الكولاجين ونوعه وكثافة الأوعية الدموية حسب عمر الندبة وعمر المريض والأهبة الوراثية والموقع التشريحي للندبة فقد تكون طرية أو قاسية، وغالباً قليلة المرونة.

د- وصف اللون: قد يكون هناك فرط أو نقص تصبغ، حمامى أو لون مزرق (حسب شفوفية الأوعية من خلالها)، أو لون خارجي المنشأ ناتج عن الوشوم.

هـ- وصف الموقع: ذو أهمية في تحديد الإنذار وخطة المعالجة. ويجب تحديد التوضع التشريحي والموقع بالنسبة لخطوط الشد الجلدية: هل هي موازية لها أو متعامدة معها.

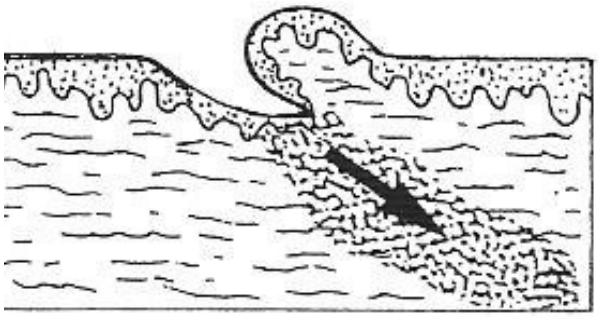
وتطبيقاً لما ذكر سنقوم بعرض مقاطع في ندبات مختلفة مع الإشارة إلى أسبابها المحتملة وإمكانية تحسنها بالليزر أم لا.

المقطع A:



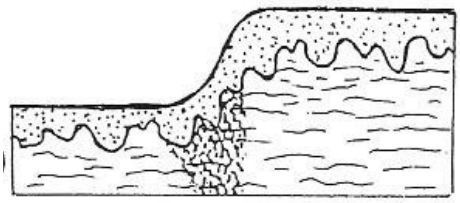
كتلة نسيج أدمي واضحة الحدود مرتفعة عن سطح الجلد وفوقها بشرة مترققة وترسم حدود الأذية، وهي الندبة مفرطة التصنع، وتحدث غالباً في مناطق الشد أو الجروح التي لم تدعم بشكل جيد أو الجروح ذات المحور العمودي على خطوط الجلد. هذه الندبات لا يتوقع تحسنها بليزر CO2 وعلى العكس يمكن أن يسيء إلى قوامها وسماكتها، كما أن انعدام الملحقات في هذه الندبة سيؤخر إعادة التبشرن Reepithelialzation مما يؤدي إلى إطالة طور تشكيل الأوعية والألياف. إذا كان لابد من معالجة هذا النوع من الندبات بليزر CO2 فيجب مشاركته بحقن الستيروئيدات ضمنها.

المقطع B:



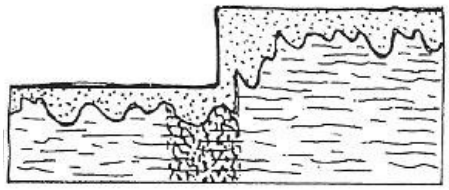
حافة ناتئة ناتجة عن أذية انقلاعية أو استئصال منقلب الحواف، إذا عولجت بليزر CO2 نتجت ندبة أعرض وأعمق من الندبة الأصلية إلا إذا كانت الندبة متوضعة فوق منطقة واسعة مستوية مثل الجبهة .

المقطع C:



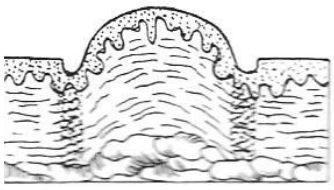
منحدر سريع، مثل ندبات العد المنقرة ذات الكتف اللين Soft shoulder ice-pick أو عند خياطة جرح بشكل صحيح لكن حافتي النسيج مختلفتان في السماكة، وهذا النوع من الندبات مثالي لعلاجه بليزر CO2 لأن الفرق بين حافتي الندبة قليل إلى متوسط ولأن الملحقات وافرة. ربما يكون التحسن الباكر المشاهد بسبب تشكل وذمة في الجهة المنخفضة وبسبب تخثر الأوعية في الجهة المرتفعة. أما التحسن الدائم في الندبات الانخفاضية والفزر فسببه تحريض تصنيع كولاجين جديد وإعادة ترتيبه .

المقطع D:



بشكل الدرج وتحدث بسبب تقريب غير ملائم لحواف الجرح، وتعالج باستئصالها وإعادة تقريبها بشكل صحيح ثم إجراء تسوية بليزر CO2 إلا إذا كان الفرق صغيراً جداً فعندئذ تسوى مباشرة بالليزر.

المقطع E:



تشوه باب المصيدة Trap-door deformity وسببه تقلص حواف شريحة وضعت لإغلاق جرح كبير، إن الجزء العمودي المنخمص من هذا المقطع يشبه ندبة ضربة المعول

في الثلج Ice-Pick التي أكثر ما تشاهد بعد الإصابة بالعد الشائع وهي ندبة ثاقبة ذات حواف حادة، أما الجزء المركزي من هذا المقطع فهو سميك ومرتفع. كلا الجزئين العميق والمرتفع من هذه الندبة لا يستفيد من الإصلاح بليزر CO2 إلا إذا أجري إصلاح جراحي قبله .

ونظراً لأهمية ندبات الحروق والعد الشائع وشيوعها فسوف نذكر توصيفها ببعض التفصيل:

ندبات الحروق: هناك ثلاثة أنماط رئيسية لندبات الحروق:

١-**الجدرات Keloieds:** فرط نمو النسيج الندبي بحيث يتجاوز حدود الأذية البدئية. وتكون عادة حمراء أو وردية اللون وتصبح أغمق مع مرور الوقت. وهي متعلقة بالأهبة الوراثية.

٢- **الندبات الضخامية Hypertrophic Scars:** حمراء سميكة ومرتفعة والفرق بينها وبين الجدرة أنها لا تمتد خارج حدود الأذية البدئية.

٣- **الانكماشات Contractions:** ندبات شادة للجلد تؤثر على وظيفة البنيات التي تحتها من عضلات وأوتار وتحد من حركتها، وربما أدت إلى أذية عصبية.

ندبات العد الشائع[١ ، ٩]: يمكن تقسيمها إلى قسمين كبيرين:

أ- ندبات ناتجة عن زيادة تشكيل النسيج.

ب- ندبات ناتجة عن فقد النسيج.

أ- الندبات الناتجة عن زيادة تشكيل النسيج: يزداد فيها إنتاج الكولاجين وتشمل الجدرات والندبات الضخامية.

شكل رقم (٤): ندبات عدية مفرطة التصنع.

ب- الندبات الناتجة عن فقد النسيج وهي الأكثر شيوعاً وتشمل عدة أنواع :

١- ندبات ضربة المعول في الثلج: Ice-pick scars: سميت كذلك بسبب شكلها الذي يشبه ضربة المعول في الثلج، فهي ندبة ثاقبة ارتفاعها أكبر من قطرها، ولهـا شـكلان: ذات الكتف اللين، وسريعة الانحدار.

قد تكون طرية وسطحية أو قاسية وعميقة. إن الندبات القاسية لها قاعـدة تحـت الجلـد أعرض من مظهرها السطحي.

شكل رقم(٥): ندبات عدية بشكل ضربة المعول في الثلج.

٢- الندبات المنخفضة المتليفة Fibrotic depressed scars: ندبات سطحية قطرها أكبر من ارتفاعها ذات حواف منحدرة بشكل مفاجئ تشبه في منظرها ندبات الجدري العميقة.

شكل رقم(٦): ندبات عدية متليفة عميقة.

٣- الندبات اللينة Softscars: ذات حواف منحدرة بشكل تدريجي تندمج مـع الجلـد المجاور، قد تكون سطحية أو عميقة.

٤- البقع الضمورية Atrophicmacules: سطحية جداً وذات حواف منحدرة بـشكل بسيط وتدريجي تندمج مع الجلد المجاور، لكن لونها أزرق أو بنفسجي (تظهر في أنماط الجلد الفاتحة I و II) بسبب شفوفية الأوعية تحتها. تميل للتراجع بمرور الوقت.

العوامل المؤثرة على إنذار الندبات:

١- الحجم. ٢- العمق. ٣- التروية الدموية. ٤- سماكة الجلد. ٥- لون الجلد. ٦- اتجاه الندبة نسبة للخطوط الجلدية. ٧- الموقع التشريحي. ٨- عمر المريض وسوابقه المرضية. ٩- الأهبة الوراثية.

علاج الندبات [١٠،١١]:

لايوجد طريقة تزيل الندبة نهائياً وإنما هناك طرق لتحسينها، تتحسن الندبات عفوياً بمرور الوقت ولذلك يستحسن تأجيل علاج معظم الندبات حتى مضي سنة على تشكلها.

١- الطرق الدوائية:

أ- الستيروئيدات موضعياً وحقناً داخل الآفة: تفيد في تخفيف الاحمرار عن طريق تثبيط العملية الالتهابية وتحريض التقبض الوعائي، وتفيد في الندبات مفرطة التصنع عن طريق تثبيط صانعات الليف.

ب- زيت السيليكون وشرائح السيليكون: هي مواد مصنوعة من جزيئات مرنة مكوثرة، وهي تلتصق ذاتيا على الجلد حيث تشكل طبقة بسماكة جزيء واحد، تدوم طويلاً فتصبح حاجزاً يحمي الجلد ويحفظ إماهته وأكسجته بشكل كاف، كما أنها تحمي النهايات العصبية فتقلل الألم، وتعيق استعمار الجلد بالجراثيم والفطور، وهي مفيدة في علاج الندبات مفرطة التصنع كما أنها تحرض اندمال الجروح.

ج- Heparin gel.

د- المطريات.

هـ- أحماض الفاكهة AHA: تساهم في بناء بشرة جديدة سميكة وأدمة جديدة سميكة غنية بألياف الكولاجين الفتية.

و- الريتينوئيدات الموضعية: آلية عملها مشابهة لأحماض الفواكه إلا أنها أكثر تخريشاً.

٢- الطرق الجراحية:

أ- الاستئصال المغزلي.

ب- الشرائح والطعوم.

ج- Z-plasty: ويستخدم لمعالجة الانكماشات.

د- W-plasty: وهو تحويل الجرح الخطي إلى جرح بشكل خط منكسر، حيث يعتقد البعض أن هذا يجعل الجرح أقل وضوحاً.

هـ- V to Y repair وY to V repair : تستخدم أيضاً لتطويل الندبات الانكماشية خاصة إذا كانت حول الفم أو حول العين.

٣- المقشرات الكيميائية Chemical Peels:

يعرف التقشير الكيميائي بأنه تطبيق مادة على الجلد (حامضية عادة) تؤدي إلى إزالة طبقة جلدية جزئية السماكة عن سطح الجلد، وبعد شفاء هذه الأذية ينتج جلد جديد أفضل من سابقه في اللون والقوام. يمكن للتقشير أن يحسن الندبات المنخفضة الصغيرة أو المرتفعة قليلاً، لا يعالج التقشير الكيميائي ندبات معول الثلج ولا الندبات العميقة المتليفة ولا الجدرات، يجب إجراء عدة جلسات للحصول على التحسن.

٤- سنفرة الجلد Dermabrasion:

سنفرة الجلد هي إزالة الطبقة السطحية من الجلد بشكل ميكانيكي عن طريق فرشاة موصولة بسلك كهربائي إلى ذراع تدور بسرعة كبيرة أو عن طريق نواتئ حجر من الماس يدور بسرعة كبيرة، أول ما طورت لعلاج الندبات العدية ويمكنها التقشير بشكل أعمق من التقشير الكيميائي وتستخدم لعلاج الندبات العميقة والضخامية. ويمكن علاج ندبات معول الثلج بمشاركة الاستئصال بالمخرمة Punch exision مع السنفرة. يمكن بواسطة السنفرة نحت وتسوية الندبة بشكل دقيق حتى تندمج مع الجلد المجاور وقطع النتوءات المرتفعة والحواف غير المنتظمة.

٥- الليزر:

فعال جداً إذا تم انتقاء المريض بشكل جيد. له نوعان الجراحي وغير الجراحي.

الليزر غير الجراحي: يتميز بأنه يعالج الندبات دون أن يسبب أذية بشروية (لاتوجد فترة اندمال) وأنه يجرى باكراً. الليزر الصباغي النابض هو الأكثر استخداماً وهو يستهدف الهيموغلوبين المؤكسج فيدمر الأوعية ضمن الندبة مما يخفف الحمامى ويؤثر بشكل غير مباشر على الكولاجين فيسبب إعادة قولبة الكولاجين وتقليل قساوة الندبة. أكثر ما يفيد في علاج الندبات الحمراء الضخامية وفي علاج توسع الشعريات المحيط بالندبة ويمكن البدء به

بعد إزالة القطب مباشرة، ويفيد في علاج الفزر والندبات الضمورية عن طريق تشكيل وذمة. هناك ليزرات أخرى غير جراحية بأطوال موجية ٥٣٢ نـــانومتر، ١٠٦٤ نـــانومتر، ١٣٩٠ نانومتر كلها تحرض إعادة قولبة الكولاجين.

الليزر الجراحي: يسبب قطعاً للنسيج أو حرقاً للجلد (أذية بشروية تحتاج لفترة انـــدمال)، يجرى بعد مرور فترة تتراوح من ٤-٨ أسابيع في الندبات الجراحية وندبات الحمـــاق وبعـــد حوالي عام في بقية أنواع الندبات. أهم الليزرات الجراحية ليزر ثاني أكسيد الكربون وليـــزر إريبيوم-ياغ Er:Yag يتميز هذا الأخير بولعه بالماء أكثر من ليزر CO2 مما يجعله أكثـــر دقة في قطع الحواف المرتفعة للندبة، أما ليزر CO2 فيحدث أذية حرارية أكبر مما يحـــرض تقلص الجرح وقولبة الكولاجين.

٦-تضخيم النسج الرخوة Soft tissues Augmentation:

يصحح الندبات الضمورية (فقدان النسيج). يتم حقن شحم أو كولاجين تحت الندبة لترتفع إلى مستوى الجلد الطبيعي، وتحتاج لتكرار الحقن من وقت لآخر.

الفصل الثاني

الليزر
LASER

التعريف : كلمة Laser هي اجتماع الأحرف الأولى من جملة :

Light Amplification by stimulated Emission of Radiation.

وتعني تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاع.

ولفهم هذا التعريف علينا العودة إلى بعض المبادئ الفيزيائية التي تشرح آلية إصدار الضوء.

ينشأ الضوء عن طريق إثارة الإلكترونات التي تدور على مداراتها الطاقية حول نواة عنصر ما، فإذا أثير الإلكترون عن طريق منبع خارجي للطاقة انتقل إلى سوية طاقية أعلى من سويته الأصلية التي كان يدور فيها، فإذا عاد إلى مداره الأصلي أطلق الطاقة التي كان قد اكتسبها على شكل فوتون ضوئي، وهذا هو الإصدار التلقائي للضوء.

فما هو الإصدار المحثوث إذاً؟

يحدث الإصدار المحثوث عندما يصطدم فوتون خارجي بالذرة المثارة فيجبر الإلكترون المثار فيها أن يعود إلى سويته الأصلية وأن يطلق الفوتون الخاص به بطريقة معينة وليس بشكل عشوائي بحيث يكون له نفس اتجاه الفوتون الخارجي، وينطلق معه في نفس الوقت، ويكون لهما نفس الطورPhase بحيث تتحد طاقتا الفوتونين فتنتج طاقة أعلى من تلك الناتجة في حالة الإصدار التلقائي. وهذا هو الإصدار المحثوث الذي يؤدي إلى تضخيم الضوء.

فإذا أطلق الفوتون الضوئي المضخم ضمن حجرة في طرفيها مرآتان عاكستان اصطدام بهاتين المرآتين مما يؤدي إلى انعكاسه عدداً من المرات، وفي كل مرة ينعكس فيها الفوتون يصطدم بذرة أخرى من نفس ذرات الوسط الفعال فيجبرها على أن تطلق فوتوناً آخر مترابطاً معه(أي متوافق معه في الاتجاه والطور)، وهكذا تقوم ذرات الوسط الليزري بإثارة بعضها البعض، وبذلك تصدر مجموعة كبيرة من الفوتونات المترابطة والمتزامنة لها الشدة نفسها والاتجاه نفسه فتكون الحزمة الليزرية الناتجة مركزة في بقعة صغيرة قطرها أقل من ميكرون واحد وذات كثافة عالية ويكون التشتت فيها معدوماً.

مكونات جهاز الليزر:

هناك أربع مكونات رئيسية في جميع أنواع الليزرات وهي:

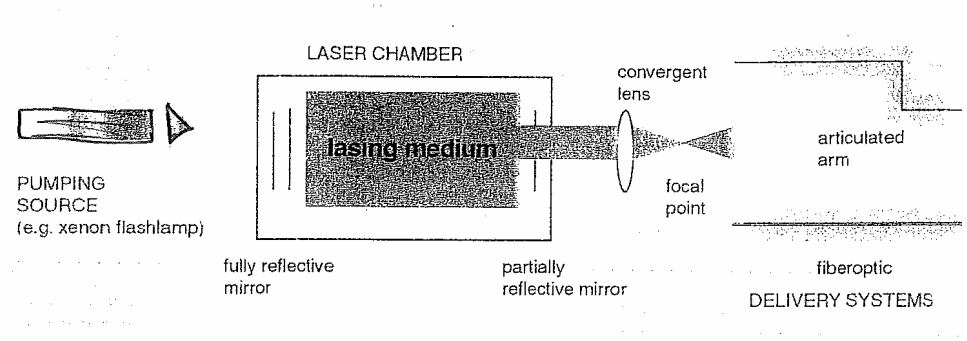
١- **الوسط الفعال Active medium:** وهو المادة الكيميائية التي تتولد منها أشعة الليزر وهو الذي يعطي التسمية لأنواع الليزرات المختلفة، وقد يكون عنصراً أو مركباً، وقد يكون غازياً أو صلباً أو سائلاً.

٢-**مصدر طاقة الإثارة: Source of exitation energy:** وهو يصدر الطاقة اللازمة لإثارة ذرات الوسط الفعال، قد تكون طاقة كهربائية أو نووية أو ناتجة عن منبع ضوئي أو عن تفاعل كيماوي.

٣-**مرايا عالية الانعكاسية Highly Reflective Mirrors:** في طرفي الأنبوب الذي يتولد فيه ضوء الليزر.

٤-**جملة توصيل: Delivery System:** لنقل شعاع الليزر من مكان توليده إلى مكان تطبيقه وقد يكون ليفاً بصرياً fibroopticwand أو ذراعاً متمفصلة Articulated arm.

يبين الشكل التالي ترسيماً مبسطاً لمكونات جهاز الليزر الرئيسية:

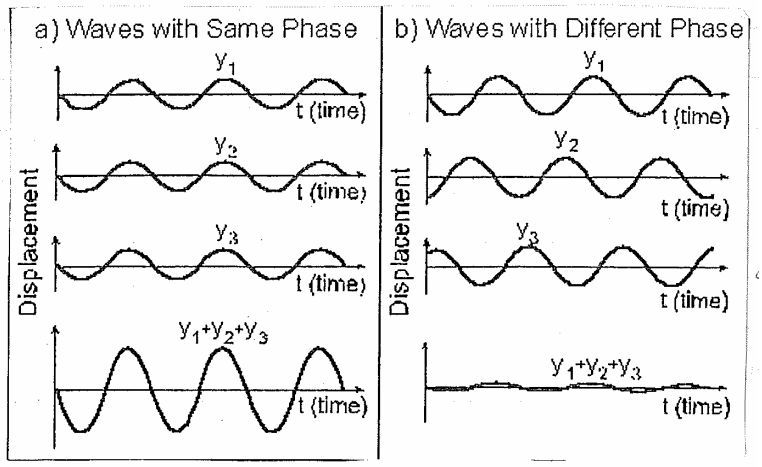


شكل رقم (٧): المكونات الرئيسية لجهاز الليزر .

صفات ضوء الليزر:

١- **وحيد اللون:** أي أنه ذو طول موجة وحيد بخلاف ضوء الشمس مثلاً والذي يتحلل إلى عدة ألوان عند تمريره في موشور، وهذه الخاصية تعطيه الانتقائية لأنسجة معينة دون غيرها.

٢-الترابط Coherent: أي أن موجاته لها نفس الطور وبالتالي تكون محصلتها تآزرية كما يبين الشكل التالي:



شكل رقم (٨): a : موجات متعددة لها نفس الطور محصلتها تآزرية.

B : موجات متعددة لها أطوار مختلفة محصلتها تخامدية.

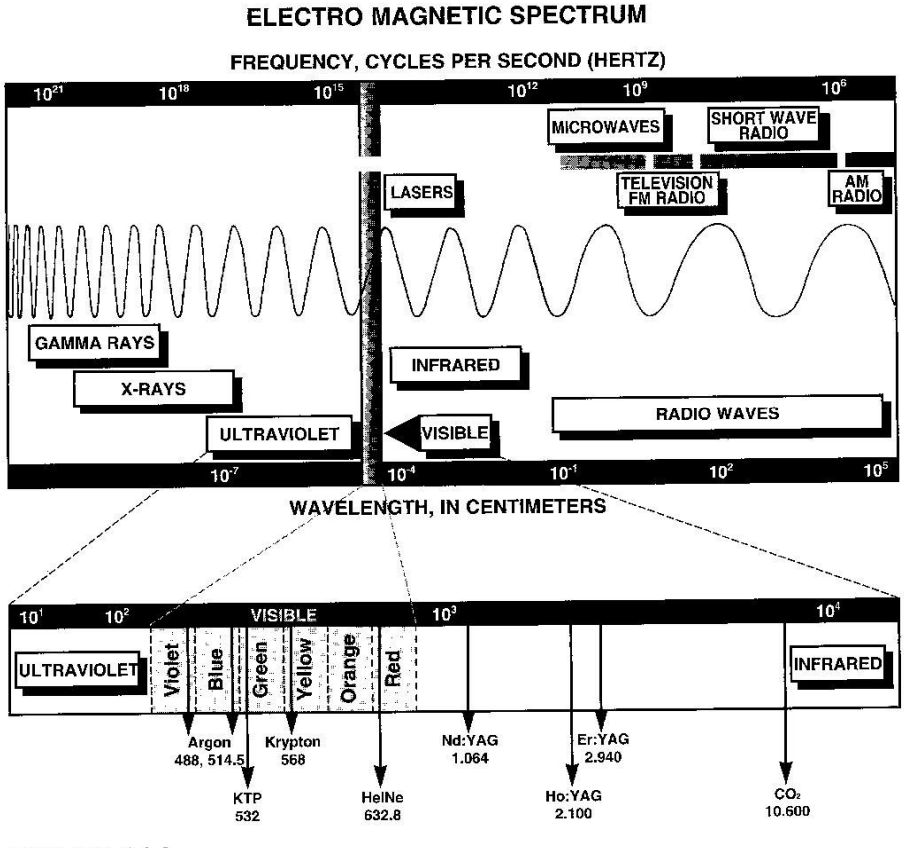
.

٣-التوازي: يصدر ضوء الليزر من بقعة ضيقة في اتجاه واحد ويقطع مسافات طويلة دون أن يتبدل عرض الحزمة، بخلاف المصباح العادي مثلاً والذي تنبعث منه الأشعة في كل الاتجاهات.

٤- البريق والتألق: يتألق ضوء الليزر أكثر من أي ضوء آخر.
هذه الصفات تسمح لليزر أن يكون أكثر طاقة من الضوء العادي.

طول موجة الليزر:

يختلف طول الموجة حسب اختلاف الوسط الفعال، وحالياً تم التوصل إلى صـــنع أنـــواع كثيرة من الليزرات تغطي كامل الطيف الكهرطيسي يبينها الشكل التالي :



شكل رقم(٩): أنواع الليزرات المختلفة والتي تغطي كامل الطيف الكهرومغناطيسي.

بعض المتغيرات المتعلقة بالليزر :

١- الاستطاعة Power: وهي معدل الأداء = الطاقة (جول) / الزمن(ثا)

$$\text{Power} = \frac{\text{Energy}}{\text{Time}} = \frac{\text{Joules}}{\text{S}} \quad [\text{in watts}]$$

٢- كثافة الاستطاعة أو الإشعاعية Power Density or Irradiance:

وهي معدل الطاقة المطبق على وحدة السطح.

$$\text{Irradiance} = \frac{\text{Power}}{\text{Area}} \qquad \left(\frac{\text{in watts}}{\text{cm2}}\right)$$

٣- التدفق Fluence أو كثافة الطاقة Energy Density= $\frac{\text{Joules}}{\text{Cm}^2}$

٤- قياس البقعة SpotSize: مساحة الجلد التي تخضع لضوء الليزر خلال نبضة واحدة.

٥-عرض النبضة Pulse width: المدة الزمنية التي يخضع بها الجلد لضوء الليزر خلال نبضة واحدة.

٦-زمن الاسترخاء الحراري Thermal relaxation time: هو الزمن اللازم حتى يبدد النسيج المعالج بالليزر نصف كمية الطاقة التي امتصها خلال نبضة واحدة.

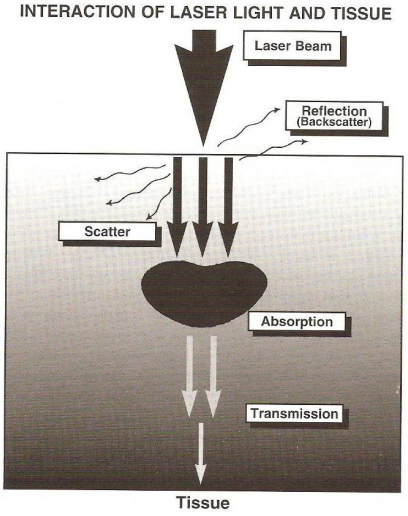
التأثيرات المتبادلة بين الليزر والأنسجة:

عندما تدخل أشعة الليزر إلى الجلد تقوم جزيئات معينة بامتصاص الفوتونات وتدعى هذه الجزيئات بحاملات اللون (Chromophores). وكل طول موجة معين يتم امتصاصه من قبل جزيئات معينة دون غيرها مما يسمح بإجراء معالجة لمكونات معينة من النسيج دون إلحاق الضرر بالمكونات المحيطة لها.

وبعد أن يمتص الحامل اللوني الفوتون يتفاعل معه بعدة طرق: فقد ينتج عن امتصاص الفوتون حرارة تؤدي إلى تخريب الجزيء المستهدف، وقد ينتج تفاعل كيماوي، أو قوة اهتزاز ميكانيكية، وهناك التفاعل الصوتي حيث من الممكن سماع صوت فرقعة عند تمرير الليزر على الجلد. وينتج عن ذلك التبدلات البيولوجية في النسج المعالجة. وإن التفاعل الحراري هو التفاعل الأكثر شيوعاً خاصة في الليزرات ذات الموجات الطويلة التي تقع في المجال المرئي والمجال تحت الأحمر مثل ليزر CO2 المستخدم في دراستنا.

لايتم امتصاص جميع الفوتونات، فبعضها ينعكس Reflection ، وبعضها يغير مساره ضمن الأدمة بسبب وجود ألياف الكولاجين وهذا يسمى التبعثر Scattering، ثم إن الطاقة الناتجة عن الامتصاص تنتقل إلى النسج المجاورة بعملية الانتقال Transmission.

يبين الشكل التالي هذه التفاعلات:



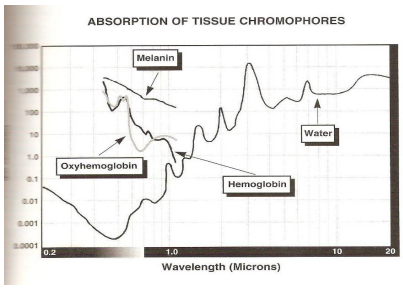
شكل رقم(١٠): يبين التفاعلات المتبادلة بين الليزر والجلد.

إن التفاعلين الأكثر أهمية من الناحية الطبية هما الامتصاص والتبعثر.

هناك ثلاثة حوامل للون Chromophores أساسية في الجلد داخلية المنشأ وهي : الماء والهيموغلوبين والميلانين. وإن حاملات اللون لها الدور الأساسي في امتصاص طاقة الليزر بشكل انتقائي حسب طول موجته. وقد يكون حامل اللون خارجي المنشأ كالوشم.

يمتص الماء أطوال الموجات الأكبر من ١٠٠٠ نانومتر أي في منطقة الأشعة تحت الحمراء. ويمتص الهيموغلوبين الموجات UVA (٣٢٠-٤٠٠ نانومتر) والضوء المرئي الأزرق والأخضر والأصفر (٤٠٠-٣٦٠ نانومتر). ويمتص الملانين الموجات (٣٢٠-١٠٠٠ نانومتر).

يبين الشكل التالي طيف امتصاص حاملات اللون النسيجية.



شكل رقم (١١): طيف امتصاص حاملات اللون النسيجية.

إن التفاعل الرئيسي بين الليزر والأنسجة هو تفاعل حراري وتقع التأثيرات الحرارية بين الدرجة ٣٧ ° والدرجة ٢١٠ ° ويبين الجدول التالي هذه التأثيرات حسب تزايد درجة الحرارة.

درجة الحرارة	التبدلات العيانية	التبدلات الحيوية
٣٧-٦٠ ° مئوية	لايوجد تغير	دفء
٦٠-٦٥ ° مئوية	ابيضاض	تخثر
٦٥-٩٠ ° مئوية	لون أبيض إلى رمادي	تشوه البروتينات ، تنخر
٩٠-١٠٠ ° مئوية	تجعّد	جفاف
١٠٠ – ١٥٠ ° مئوية	ظهور دخان	تبخر
١٥٠-٢١٠ ° مئوية	تفحم	تندب متوقع

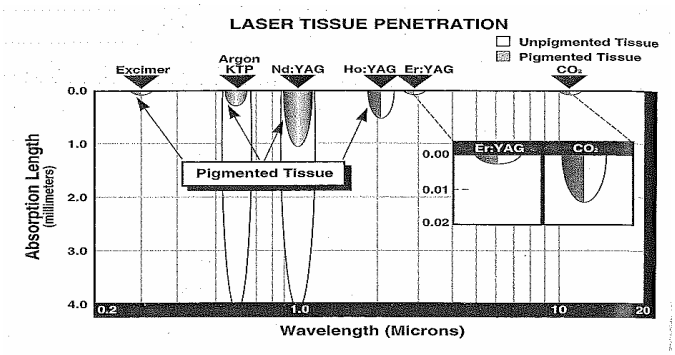
جدول رقم (١): التأثيرات الحرارية على الأنسجة.

قانون بيير Berr's Law:

ينص قانون بيير على أن الأذية الحرارية الناتجة عن الليزر تتناقص كلما ازداد البعد عن نقطة تطبيق الليزر. وبالاعتماد عليه يمكننا وضع تعريف **بعد التخامد Extinction length:** وهو سماكة النسيج التي تمتص ٩٠% من طاقة الحزمة الليزرية الساقطة.

ونعرّف أيضاً **بعد الامتصاص Absorbtion length:** وهو المسافة التي يقطعها الليزر في النسيج حتى يتم امتصاص ٦٣% من طاقته.

يبين الشكل التالي عمق الامتصاص الجلدي لأنواع الليزرات المختلفة ونجد أن عمق اختراق الليزر للجلد يزداد بازدياد طول الموجة.



شكل رقم (١٢): يبين عمق اختراق الليزرات المختلفة للأنسجة.

نظرية الحل الحراري الضوئي الانتقائي[٤٥]:

تنص هذه النظرية على أنه إذا تم اختيار طول الموجة الليزرية المناسبة وتم تطبيقها بالشدة والزمن المناسبين فإن هذه الموجة ستدمر عنصراً معيناً في النسيج دون إلحاق الضرر بالعناصر المجاورة، ويتحقق ذلك بجعل مدة النبضة أقل أو تساوي زمن الاسترخاء الحراري للنسيج.

الفصل الثالث

ليزر غاز ثاني أوكسيد الكربون

هو ليزر تشكل جزيئات غاز ثاني أكسيد الكربون الوسط الفعال فيه (أي أن المادة الكيميائية التي تتم إثارتها لتطلق فوتونات أشعة الليزر هي CO2)، وهو يطلق أشعة بطول موجة ١٠٦٠٠ نانومتر. ويتميز ليزر ثاني أكسيد الكربون بأنه ليزر جراحي، فما معنى ذلك؟

يعني أنه يقطع الأنسجة بغض النظر عن محتواها من الميلانين أو الهيموغلوبين وذلك لأن الحامل اللوني الخاص به هو الماء. وبما أن الماء يشكل نسبة كبيرة جداً من معظم الأنسجة فإن ليزرCO2 قادر على قطع الأنسجة وكأنه مشرط إذا تم تركيز أشعته في بقعة صغيرة نقطية (الطراز المبوأر Focused mode) وقادر على تبخير سطح الأنسجة إذا طبق علها ضمن مساحة كبيرة نسبياً (٣-١٥ ملم٢) (الطراز غير المبَوأر (Unfocused mode ، وكأنه مشرط يقطع بشكل أفقي[١٢].

يتميز ليزرCO2 بميزات هامة تجعله يتفوق على المشرط المعدني وعلى المشرط الكهربائي هي:

١- يقطع الأنسجة مع تخثير الأوعية الدموية الشعرية حتى قطر٢-٥ ملم مما يؤمن ساحة نظيفة وجافة خالية من أي نزف، وهو مع ذلك لا يعرض المريض لمرور تيار كهربائي عبر جسمه فهو مناسب عند ذوي نواظم الخطا القلبية[١٣].

٢- يقوم بإغلاق الأوعية اللمفاوية الصغيرة المجاورة لساحة عمله مما يقلل الوذمة بعد العلاج به.

٣- يقوم بسَدَّ seal النهايات العصبية التي يقطعها (بخلاف المشرط الذي يؤذي الألياف العصبية) مما يؤدي إلى ألم أقل بعد استخدام الليزر.

٤- يقشر الجلد بدقة فائقة ضمن سماكة واحدة عبر مساحة العملية بكاملها، تبلغ هذه السماكة ٢٠-٣٠ ميكرون (وهي السماكة الجلدية التي تمتص ٩٠% من طاقة CO2 المطبق عليها = بعد التخامد= Extinction Length).

٥-السرعة النسبية في العمل.

٦-إن الحرارة العالية التي تنتج عن العلاج تجعله مشرطاً عقيماً.