



Мы используем
ПРИРОДНУЮ
СПОСОБНОСТЬ для вас

WHITE PAPER

SmartXide² Нейрохирургия

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОЙ УГЛЕКИСЛОТНОЙ
ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ СО СКАНЕРОМ И
ТЕХНОЛОГИЕЙ PSD[©] (SMARTXIDE²) В ОБЛАСТИ
НЕЙРОХИРУРГИИ

Январь 2020 г.



Применение новой углекислотной лазерной системы с технологией PSD[©] (SmartXide²) в области нейрохирургии

Роберто Коласанти (Roberto Colasanti)¹, врач, Стефано Даллари (Stefano Dallari)², врач, Маурицио Яконгели (Maurizio Iacoangeli)¹, врач

1: Отделение нейрохирургии, Umberto I Больница общего профиля, Политехнический университет провинции Марке (Università Politecnica delle Marche), Анкона, Италия.

2: Отделение отоларингологии, Ospedale «A. Murri», Фермо, Италия.

Введение

CO₂-лазер является одним из первых разработанных газовых лазеров и до настоящего времени остается наиболее широко используемым лазером во всем мире. CO₂ лазеры работают с длиной волны 10600 нм. Основной мишенью длины волны CO₂ лазера является вода, при этом лазер не влияет на пигменты – такие как гемоглобин и меланин. Поскольку вода является основным хромофором биологической ткани, это приводит к быстрому преобразованию световой энергии в тепло в небольшом объеме ткани при низкой степени проникновения излучения CO₂ лазера. Благодаря этому свойству CO₂ лазер является отличным инструментом для резки и абляции, с минимальным тепловым повреждением прилегающих тканей, и поэтому идеально подходит для применения в области нейрохирургии. Сфокусированный в небольших пятнах, перемещаемый с помощью сканирующих систем, импульсный луч CO₂ лазера режет с минимальным тепловым повреждением, обеспечивая при этом высокую точность и воспроизводимость.

Первый лазер, использующий CO₂ в качестве среды и генерирующий непрерывную волну (с длиной волны 10,6 мкм), был описан в 1964 году Пателем (Patel). Стеллар (Stellar) и Самра (Samra) выполнили первую резекцию мультиформной глиобластомы с использованием CO₂ лазера в 1969 году. [1-3].

С тех пор в течение десятилетий CO₂ лазер использовался для различных нейрохирургических процедур [4,5]. Однако эксплуатационные ограничения, такие как громоздкость конструкции, объемная установка и низкое оптическое качество микроманипуляторов, препятствовали его широкому распространению [2].

Вслед за этим последовало новое поколение CO₂ лазеров с существенными технологическими усовершенствованиями, улучшенной эргономикой и качеством аксессуаров.

Лазерные источники с RF-накачкой, микроманипуляторы генерирующие микрометрические пятна, и высокоточные сканирующие устройства позволили устранить большинство недостатков старых лазерных систем. Появилось большое разнообразие форм импульсов и способов передачи энергии. Сканеры, в частности, упростили и сделали хирургию с использованием CO₂ лазеров более безопасной и воспроизводимой.

Микрохирургия с функцией сканирования является очень эффективным, удобным и безопасным методом лечения. Эта быстрая, удобная в применении и бесконтактная технология позволяет получить идеальный обзор операционного поля. Более того, отсутствие расходных аксессуаров также является экономически эффективным.

Мы имели возможность использовать лазерную систему SmartXide² CO₂ с функцией сканирования, разработанную компанией DEKA (Каленцано, Италия), и настоящим сообщаем о полученном хирургическом опыте.

Описание лазерной системы и аксессуаров

Лазерная система SmartXide² (DEKA, Каленцано, Италия) — это CO₂ лазер с источником излучения с RF-накачкой, доступный в двух различных версиях с максимальной мощностью 60 Вт или 80Вт. (рис. 1).



Рисунок 1. Лазерная система Smartxide²

Эксклюзивная технология формирования формы импульса (PSD[®] Technology) от компании DEKA обеспечивает многообразие импульсов, переходя от непрерывного излучения к импульсному, с переменной структурой, длительностью и энергией в импульсе и возможностью управлять этими параметрами.

Источники CO₂ лазера с RF-накачкой (так называемый «Ультраимпульсный режим») отличаются от источников лазеров с возбуждением постоянным током («Суперимпульсный режим») тем, что первые передают в ткань гораздо больше энергии за один импульс за то же время, что и источники с возбуждением постоянным током, и, следовательно, являются более эффективными для абляции тканей (Рисунок 2).

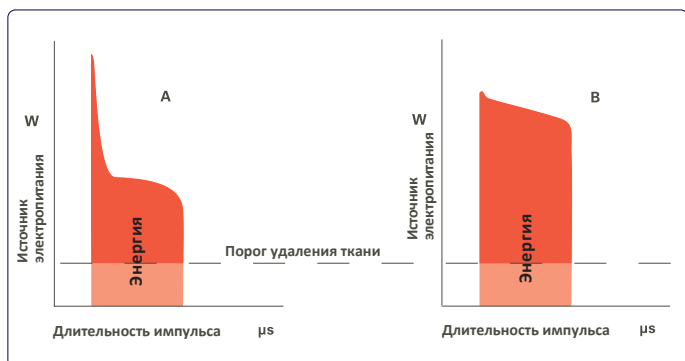


Рисунок 2. А: CO₂ лазер с возбуждением постоянным током (суперимпульсный режим излучения), работающий в режиме одиночных импульсов излучения. В: CO₂ лазер с RF-накачкой (ультраимпульсный режим излучения), работающий в режиме одиночных импульсов излучения. В источнике CO₂ лазера с RF-накачкой за одну и ту же длительность импульса генерируется больше энергии сверх порогового значения удаления ткани по сравнению с лазером с возбуждением постоянным током.

Аксессуары для высокоточной микрохирургии состоят из микроманипулятора (Easyspot Hybrid) и хирургического сканирующего устройства (HiScan Surgical), которые соединены друг с другом и объединены с хирургическим микроскопом (Рисунок 3).



Рисунок 3. Сканер Hi-Scan Surgical вместе с микроманипулятором Easyspot Hybrid.

Сфокусированное пятно, сгенерированное оптической системой микроманипулятора, перемещается с помощью сканера, который способен создавать различные формы сканирования, с различными размерами и режимами излучения, в зависимости от потребностей лечения (Рисунок 4).

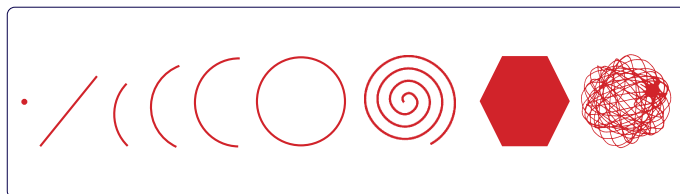


Рисунок 4. HiScan Surgical может генерировать наиболее подходящие формы сканирования для микрохирургии, в том числе: точки, линии, кривые и полные окружности, спирали, шестиугольники (прогрессивное и связанное сканирование), двойные интерполяционные эллипсы.

Хирург, используя джойстик микроманипулятора, перемещает карданно подвешенное терминальное зеркало, чтобы разместить фигуры абляции или резки там, где это необходимо.

Микровыключатель, расположенный на верхней части джойстика микроманипулятора, позволяет хирургу дистанционно управлять всеми основными функциями сканирования (такими как вращение и определение размера фигур абляции, выбор режима выключения/включения сканирования или тонкой центровки луча) (рис. 5), не отрывая глаз от операционного микроскопа. Для активации лазерного излучения используется ножная педаль.



Рисунок 5. Благодаря пульту дистанционного управления, расположенному на джойстике, все основные функции находятся под непосредственным контролем хирурга, который может выполнять операцию, не отрывая глаз от микроскопа.

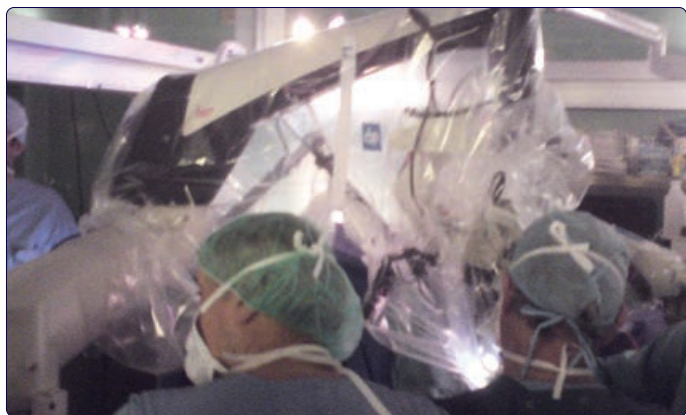


Рисунок 6. Операционная.

Материалы и методы

Для оценки потенциала и преимуществ углекислотной лазерной системы SmartXide² в различных нейрохирургических сценариях мы провели лечение 6 пациентов, страдающих различными очаговыми поражениями (1 вестибулярная шваннома, 2 метастазы мозга, 1 глиома, 1 менингиома головного мозга, 1 спинальная нейринома).

В настоящем документе представлены три из указанных шести случаев, чтобы акцентировать внимание на показаниях и эффективности применения CO₂ лазера SmartXide² в нейрохирургических процедурах.

Применению лазера в операционной предшествовали несколько тренировок в лаборатории по исследованию образцов животных (мозг свиней) *ex vivo* с целью тестирования и количественной оценки взаимодействия лазера с нервной тканью и определения оптимальных параметров применения. Также выполнялась обработка и подготовка образцов тканей для гистологического анализа, в основном для оценки термического повреждения (рис. 7).

Применялась лазерная система DEKA Smartxide² мощностью 60 Вт, оснащенная высокоточным микроманипулятором (версия Easyspot Hybrid), соединенным с хирургическим сканером (HiScan Surgical) и подключенным к нейрохирургическому микроскопу Leica M720 OH5 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Германия) через специальный адаптер Smartxide².

Фокусное расстояние микроскопа было установлено на 300 мм ЭФР, а CO₂ лазер был сфокусирован с помощью зума микроманипулятора в плоскости зрения, чтобы получить наилучший эффект на ткани. На этом фокусном расстоянии микроманипулятор генерирует пятно размером 190 мкм, что обеспечивает

высокую точность и эффективность абляции и резки.

Были использованы следующие параметры лазера и сканирования. «Шестигранник» использовали для абляции, при повторном или непрерывном сканировании, со временем выдержки 0,1 мс и мощностью 15 Вт; излучение лазера выполнялось в режиме CW («режим непрерывного излучения»). Такое непродолжительное время облучения использовалось для предотвращения термического повреждения окружающих тканей. При необходимости, «линия» использовалась для разреза, с мощностью 6 Вт, временем облучения 1,5 мс, режимом излучения UP и многократным или непрерывным сканированием. Наконец, фигура сканирования в форме «круга» была использована для коагуляции тканей с использованием субабляционной плотности энергии, то есть мощностью 0,6 Вт, режимом излучения CW, временем выдержки 0,1 мс, при непрерывном сканировании в течение времени, необходимого для коагуляции тканей и/или мелких сосудов.

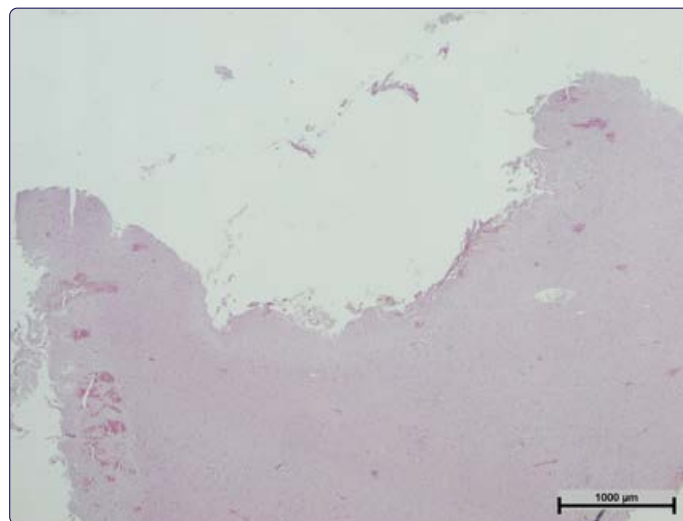


Рисунок 7. Гистологический образец лазерной абляции, демонстрирующий очень ограниченное термическое взаимодействие с нервной тканью (менее 40 мкм) после применения лазера.

Иллюстративный материал

Случай 1: Метастазы головного мозга

64-летний пожилой мужчина жалуется головную боль, изменение личности, раздражительность и нарушение памяти, которые он отмечает уже в течение 4-х месяцев. Магнитно-резонансная томография головного мозга выявила наличие поражения в лобной доле справа с неоднородным контрастным усилением (рис. 8).

В ходе предоперационной диагностики с помощью компьютерной томографии грудной клетки также обнаружено образование в легких.

Была запланирована операция, выполнена лобная краниотомия справа с общим тотальным удалением опухоли у пациента.

CO₂ лазер использовался вместе с традиционными нейрохирургическими инструментами на каждом этапе процедуры, от начального разреза в области чашечки до абляции и удаления поражения, а в конце процедуры — для гемостаза хирургической полости. Никаких повреждений окружающих тканей головного мозга не наблюдалось.

Выполненные сразу после операции КТ головного мозга и МРТ показали полное удаление очагового поражения и подтвердили заметное уменьшение окружающего отека, без признаков ушибов головного мозга. Гистологический диагноз: метастаз мозга от мелкоклеточного рака легких. Послеоперационное течение без осложнений, пациент прошел программу вспомогательной радиохимической терапии. МРТ головного мозга, выполненная через 3 и 6 месяцев после операции, не показала рецидивов опухолей.

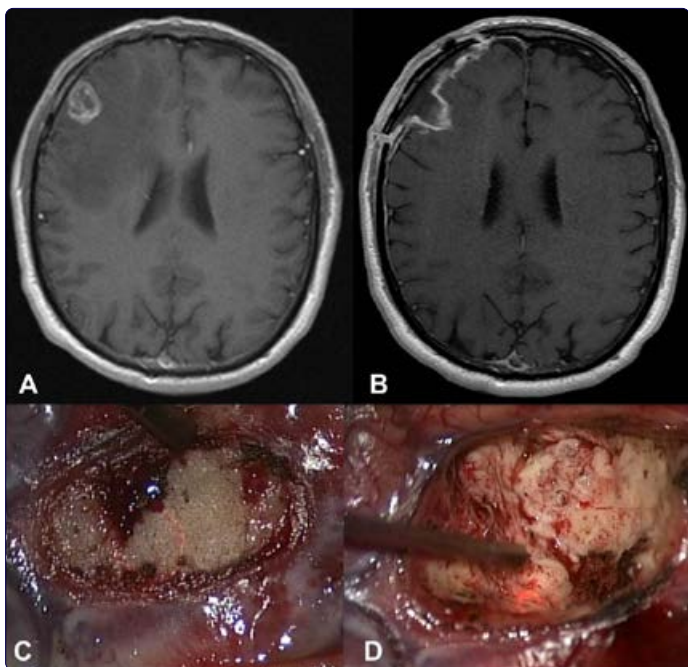


Рисунок 8. Снимки МРТ с осевой нагрузкой до (А) и после операции (В). Снимки до операции, иллюстрирующие область кортикотомии (С) и поэтапное удаление поражения (D).

Случай 2: Менингиома Фалькса

В наше нейрохирургическое отделение поступила 80-летняя пожилая женщина с левосторонним фацио-брахио-круральным парезом. При нейрохирургическом обследовании был выявлен 6-месячный анамнез легкого нарушения памяти и апатической депрессии.

КТ головного мозга показала правостороннее, размером 4,5 см, однородно усиливающееся, расположенное вне вещества мозга поражение в области серпа мозга (рис. 9).

Проведена также предоперационная компьютерная ангиография, выявившая обширное кровоснабжение опухоли от внешней и внутренней сонной артерии. Пациентке выполнена фронтопариетальная краниотомия с удалением образования с помощью межполушарного подхода.

В данном случае очень полезным оказался CO₂ лазер, позволяющий обеспечить точную абляцию поражения с минимизацией интраоперационного кровотечения из питательных сосудов, при значительном сокращении времени удаления опухоли.

Выполненная сразу после операции компьютерная томография подтвердила полное удаление опухоли и показала заметное уменьшение окружающего отека без признаков ушибов головного мозга.

Проведено патологическое обследование в связи с менингиомой.

Симптомы пациентки значительно улучшились, она хорошо себя чувствует уже более 2 лет после операции.

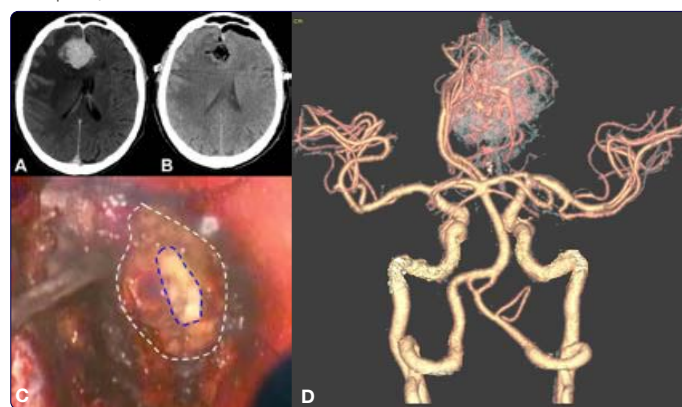


Рисунок 9. Снимки КТ с осевой нагрузкой до (А) и после операции (В). Снимок до операции, снимок (С), демонстрирующий поэтапную абляцию поражения. Белая заштрихованная область: поражение; синяя заштрихованная область: область поражения, удаленная лазером. (D) Предоперационная ангиография КТ.

Случай 3: Шваннома спинного мозга

В наше нейрохирургическое отделение поступил 40-летний мужчина, у которого в течение 6-ти месяцев наблюдаются боли в спине, онемение и слабость (4/5 класс) обеих нижних конечностей. Примерно 4 года назад ему была проведена ламинэктомия T11-T12 по удалению шванномы слева. Магнитно-резонансная томография показала интрадуральную экстремедулярную опухоль T11-T12, сильно сдавливающую спинной мозг (рис. 10). По этой причине пациенту была проведена вторая операция в том же месте.

Во время операции был обнаружен обширный фиброз. После тщательного рассечения рубцовой ткани, которая была прижжена и разрезана CO₂ лазером, твердая оболочка была обнажена и вскрыта. Обнаружено серо-белое образование. С помощью микрохирургической техники были определены границы опухоли, и поражение было аккуратно удалено с помощью CO₂ лазера.



Рисунок 10. Пред- (А) и послеоперационные (В) сагиттальные снимки МРТ. Снимок до операции (С), демонстрирующий прогрессирующую коагуляцию и удаление поражения.

Фиксация позвоночника не требовалась, твердая мозговая оболочка была закрыта прямым первичным швом без необходимости выполнения пластической операции на твердой мозговой оболочке. Гистологический диагноз шванномы спинного мозга подтвержден. В течение шестимесячного курса реабилитации у пациента полностью исчезли все дооперационные нарушения. Через 2 года после операции МРТ подтвердило общее тотальное удаление поражения без рецидива и без признаков нестабильности.

Заключение

Полученный нами опыт свидетельствует о том, что CO₂ лазер SmartXide² в сочетании с микроманипулятором Easyspot Hybrid и сканером Hiscan Surgical оказались подходящей системой для резекции различных поражений мозга и позвоночника. SmartXide² - это эффективный и точный инструмент для выполнения различных нейрохирургических операций и процедур. CO₂ лазер SmartXide² был очень полезен в целом ряде клинических случаев, как не только эффективный, но и безопасный хирургический инструмент. Он разработан с учетом эргономических требований к хирургическим лазерным системам, удобен в работе и способен одновременно резать/подвергать абляции и коагулировать ткани с минимальным сопутствующим термическим поражением, не поражая окружающие нейрососудистые структуры.

Официальное заявление: Авторы выражают благодарность д-ру Лука Джаннони (Luca Giannoni) из отдела исследований и развития компании «Эл.Эн.» (El.En.), Каленцано - Италия) за оказанную помощь и поддержку.

Заявление о раскрытии информации

Конфликт интересов: Авторы не сообщали о наличии конфликта интересов, имеющего отношение к данному вопросу.

Список использованной литературы

1. Devaux BC, Roux FX. Experimental and clinical standards, and evolution of lasers in neurosurgery (Экспериментальные и клинические стандарты, и эволюция лазеров в нейрохирургии). *Acta Neurochir (Wien)*. 1996;138(10):1135-1147. doi:10.1007/bf01809742.
2. Ryan RW, Spetzler RF, Preul MC. Aura of technology and the cutting edge: a history of lasers in neurosurgery (Предвестники технологии и передовые технологии: история лазеров в нейрохирургии). *Neurosurg Focus*. 2009;27(3):E6. doi:10.3171/2009.6.FOCUS09125.
3. Ryan RW, Wolf T, Spetzler RF, Coons SW, Fink Y, Preul MC. Application of a flexible CO₂ laser fiber for neurosurgery: laser-tissue interactions (Применение гибковолоконного CO₂ лазера в области нейрохирургии: взаимодействие лазерного излучения и ткани). *J Neurosurg*. 2010;112(2):434-443. doi:10.3171/2009.7.JNS09356.

4. Ryan RW, Wolf T, Spetzler RF, Coons SW, Fink Y, Preul MC. Application of a flexible CO₂ laser fiber for *neurosurgery*: laser-tissue interactions (Применение гибковолоконного CO₂ лазера в области *нейрохирургии*: взаимодействие лазерного излучения и ткани). *J Neurosurg*. 2010;112(2):434-443. doi:10.3171/2009.7.JNS09356.
5. Gardner G, Robertson JH, Clark WC, Bellott AL, Hamm CW. Acoustic tumor management--combined approach surgery with CO₂ laser (Контроль вестибулярных шванном – комбинированный хирургический подход с применением CO₂ лазера). *Am J Otol*. 1983;5(2):87-108.



DEKA
Innate Ability

**«ДЕКА М.Е.Л.А.
с.р.л.» (DEKA M.E.L.A. s.r.l.)**

Виа Бальданцезе, 17
50041 Каленцано
(Флоренция) – Италия
(Via Baldanzese, 17
50041 Calenzano (FI) – Italy)
Телефон: +39 055 88.74.942
Факс: +39 055 88.32.884



www.dekalaser.com



Before AI
we use IA
INNATE ABILITY

WHITE PAPER

SmartXide² Neurosurgery

APPLICATION OF A NOVEL SCANNER-ASSISTED
CARBON DIOXIDE LASER SYSTEM WITH PSD[®]
TECHNOLOGY (SMARTXIDE²) FOR NEUROSURGERY

January 2020



Application of a Novel Scanner-Assisted Carbon Dioxide Laser System with PSD[®] Technology (SmartXide²) for Neurosurgery

Roberto Colasanti¹ M.D., Stefano Dallari² M.D., Maurizio Iacoangeli¹ M.D.

1: Department of Neurosurgery, Umberto I General Hospital, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy.
2: ENT Department, Ospedale "A. Murri", Fermo, Italy.

Introduction

The CO₂ laser is one of the earliest gas lasers to be developed, and still remains the most widely used laser around the world. CO₂ lasers work at 10.600nm of wavelength. The main target of the CO₂ laser wavelength is water, while it is not influenced by pigments (as hemoglobin and melanin). As water is the main biologic tissue chromophore, this results in rapid conversion of the light energy into heat within a small volume of tissue, and a low penetration of the CO₂ laser radiation. This property makes the CO₂ laser an excellent cutting and ablation tool, with minimal thermal damage to adjacent tissue, and so perfect for neurosurgical purposes. Focused in little spots, emitted in pulses and moved by scanning systems, the CO₂ laser cuts with a minimal thermal damage together with high precision and reproducibility.

The first laser using CO₂ as the medium and producing a continuous wave (at a wavelength of 10,6 μm), was described in 1964 by Patel. Stellar and Samra performed the first resection of a glioblastoma multiforme using a CO₂ laser in 1969^[1-3].

Since then, over the decades, CO₂ laser was used for different neurosurgical procedures^[4,5]. Nonetheless, operative limitations, such as its cumbersome design, the bulky set-up and lower optical quality of the micromanipulators, precluded its broad diffusion^[2].

New generation CO₂ lasers followed, with significant technologic improvements and a better ergonomics and quality of accessories.

RF-excited laser sources, micromanipulators producing micrometric spots, and high precision scanning devices allowed to overcome most of the drawbacks of the older laser systems. A wide versatility of pulse shapes and energy delivery became available. The scanners, in particular, made CO₂ laser surgery easier, safer and reproducible.

Scanning aided microsurgery is a very effective, user friendly and safe method of treatment. It's fast and very versatile, and being a non-contact technique allows a perfect view of the operating field. Moreover, having no consumable accessories is also cost effective.

We had the opportunity to utilize the laser SmartXide² CO₂ scanning aided laser system, developed by DEKA (Calenzano, Italy), and hereby we report our preliminary surgical experience.

Description of the Laser System and Accessories

SmartXide² laser system (DEKA, Calenzano, Italy) is a CO₂ laser with a RF excited laser source available in two different versions with 60W or 80W of maximum power (Figure 1). The exclusive



Figure 1. Smartxide² laser system.

DEKA's Pulse Shape Design Technology (PSD[®] Technology) enables a great versatility of the pulses, passing from a continuous emission to a pulsed emission, with variable structure, durations and energy per pulse.

The RF-excited CO₂ laser sources (so called Ultrapulsed) differ from the DC-excited ones (Superpulsed), because the former deliver much more energy per pulse to the tissue in the same time of emission, being in this way more effective for tissue ablation (Figure 2).

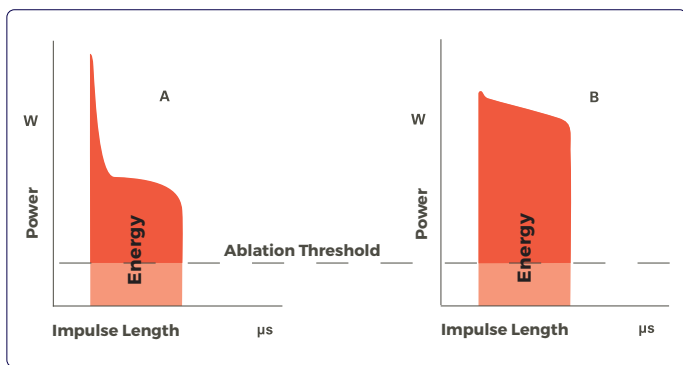


Figure 2. A: DC (Direct Current)excited CO₂ laser single pulse (Superpulsed emission). B: RF (Radiofrequency) excited CO₂ laser single pulse (Ultrapulsed emission). In RF excited CO₂ laser source the same pulse length produces more energy over the ablation threshold, compared to the DC excited one.

The accessories for High Precision Microsurgery consist of a micromanipulator (Easyspot Hybrid), and a surgical scanning device (HiScan Surgical), which are connected to each other and coupled with a surgical microscope (Figure 3).



Figure 3. The Scanner Hi-Scan Surgical together with the micromanipulator Easyspot Hybrid.

The focused spot produced by the micromanipulator's optical zoom is moved by the scanner, that is able to create different scanning shapes, with different sizes and modes of emission, according to the treatment needs (Figure 4).

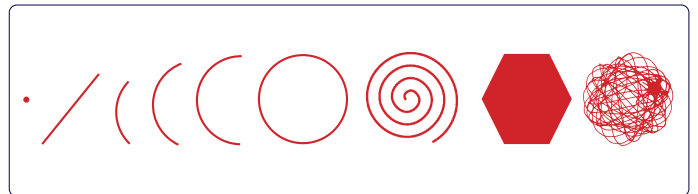


Figure 4. HiScan Surgical can generate the most suitable scanning shapes for microsurgery, including: points, lines, curves and complete circles, spirals, hexagons (progressive and intertwined scanning), double interpolated ellipses.

The surgeon, using the micromanipulator's joystick, moves a gimbaled terminal mirror to position the ablation or cutting figures where needed.

A microswitch, located on the top of the micromanipulator's joystick, allows the surgeon to remote control all the main scanning functions (such as the rotation and size of the ablation figures, selecting the scan off/on mode, or fine centering of the beam) (Figure 5) without taking eyes off the operating microscope. A foot pedal is used to activate the laser emission.



Figure 5. Thanks to the remote control located on the joystick, all the main functions are under the surgeon's direct control without ever taking his eyes off the microscope.

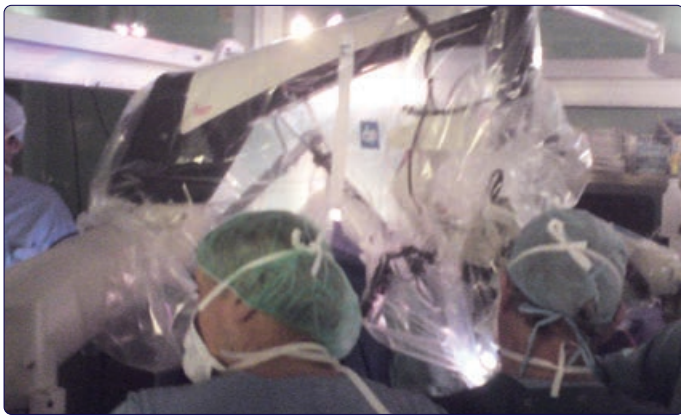


Figure 6. Operatory setup.

Materials and Methods

In order to evaluate the potential and benefits of the SmartXide² CO₂ laser system in different neurosurgical scenarios, we treated 6 patients suffering from various lesions (1 vestibular schwannoma, 2 brain metastases, 1 glioma, 1 cerebral meningioma, 1 spinal neurinoma).

Three of the whole six cases are hereby presented, to highlight the indications and the utility of the SmartXide² CO₂ laser in neurosurgical procedures.

The use of the laser in the operating room was preceded by several training sessions in the laboratory on ex vivo animal samples (swine brain), in order to test and quantify the interactions of the laser with the nervous tissue and to define the optimal settings to be used. In addition, tissue samples were processed for histological analysis, mainly to assess the thermal injuri (Figure 7).

The laser system was a DEKA Smartxide² 60W, equipped with the high precision micromanipulator (Easyspot Hybrid version), coupled with a surgical scanner (HiScan Surgical) and connected to a Leica M720 OH5 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Germany) neurosurgical microscope through a dedicated adapter.

The focal length of the microscope was set on 300mm EFL and the CO₂ laser was focused by means of the micromanipulator's zoom on the plane of view, in order to produce the best effect on tissue. At this focal length the micromanipulator produces a spot

of 190µm, thus being highly precise and effective in ablation and cut.

The following laser and scanning parameters were utilized. The "hexagon figure" was used for ablation, in repeated or continuous scanning, with a dwell time of 0.1ms, and 15W of power; emission of the laser was in CW mode. This short dwell time was used to prevent a thermal damage of the surrounding tissues. When needed, the "line" was employed for incision, with a power of 6W, dwell time of 1.5 ms, mode of emission UP and repeated or continuous scanning. Finally, the "cue-ball" scanning shape was employed for tissue coagulation, using sub-ablative energy densities, that is power 0.6W, CW mode of emission, 0.1ms dwell time, in continuous scanning for the time needed to obtain the coagulation of tissues and/or little vessels.

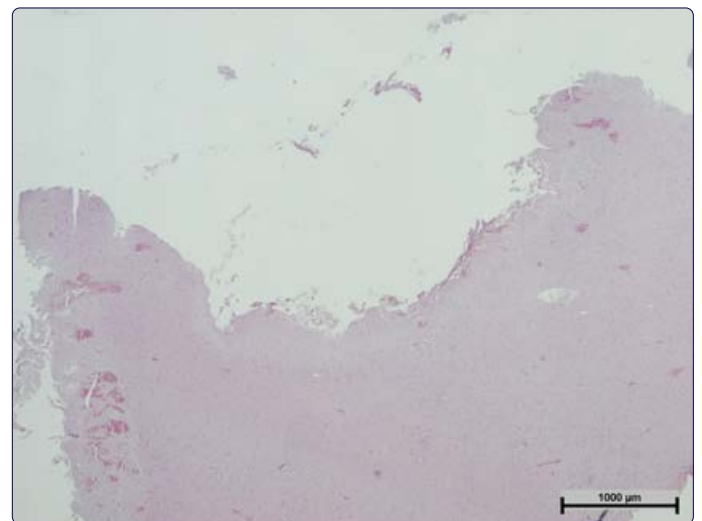


Figure 7. Histologic sample of a laser ablation, showing the very limited thermal interaction to the nervous tissue (less than 40 µm) after the application of laser.

Illustrative Cases

Case 1: Cerebral Metastasis

A 64-year-old gentleman complaining a 4-months history of headache, personality changes, irritability, and memory disturbance. A brain MRI revealed the presence of a right frontal lesion with non-homogeneous contrast- enhancement (Figure 8).

During the pre-operative work-up, a lung mass was also detected by a chest CT scan.

Surgery was planned and the patient underwent a right frontal craniotomy with a gross total resection of the tumor.

The CO₂ laser was used, together with the traditional neurosurgical instruments, in every step of the procedure, from the initial pial incision to the ablation and removal of the lesion, and, at the end of the procedure, for the hemostasis of the surgical cavity. No injury to the surrounding cerebral tissue was observed.

Immediate post-operative brain CT and MRI confirmed the entirety of the lesion removal and showed a marked reduction of the surrounding edema, without evidence of cerebral contusions. The histological diagnosis was brain metastasis from small cell lung cancer. The patient had an uneventful postoperative course and underwent an adjuvant radiochemotherapy program. Brain MRI performed at 3 and 6 months after surgery did not show tumor recurrences.

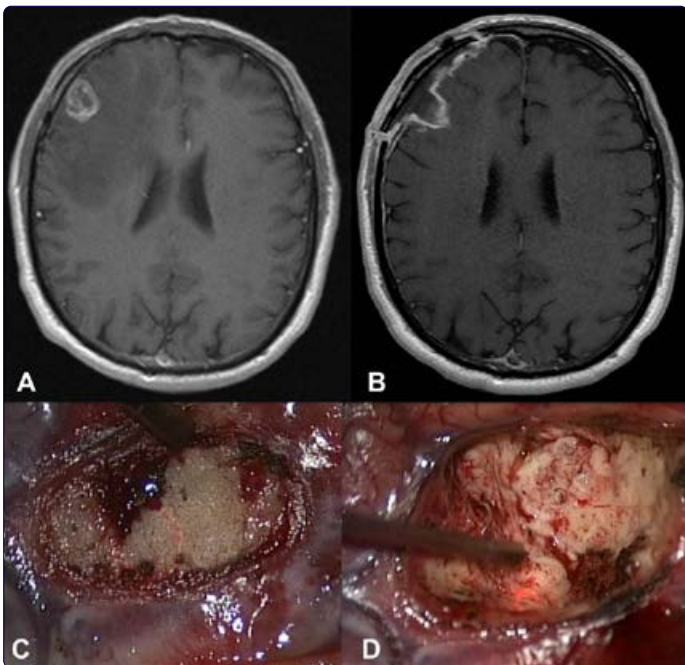


Figure 8. Pre- (A) and post-operative (B) axial MRI images. Intraoperative pictures illustrating the corticectomy area (C) and the progressive removal of the lesion (D).

Case 2: Falx Meningioma

A 80-year-old lady, presenting with a left-sided facio-brachio-crural paresis, was admitted to our neurosurgical department. A 6-months history of mild memory disturbance and apathetic depression was revealed at neurosurgical examination.

A cerebral CT scan showed a right-sided, 4.5 cm sized, homogenously enhancing extra-axial falcine lesion (Figure 9).

A preoperative CT angiography was also performed, revealing an extensive tumor blood supply from both the external and internal carotid artery. The patient underwent a fronto-parietal craniotomy with removal of the mass via an interhemispheric approach.

The CO₂ laser was very useful, allowing to achieve precise ablation of the lesion while minimizing intraoperative bleeding from the feeding vessels, with significant reduction of the time of tumor removal.

Immediate post-operative CT confirmed the complete tumor removal, and showed a marked reduction of the surrounding edema with no evidence of brain contusions.

Pathology examination was consistent with meningioma.

Patient's symptoms significantly improved and she continues to do well more than 2 years after her surgery.

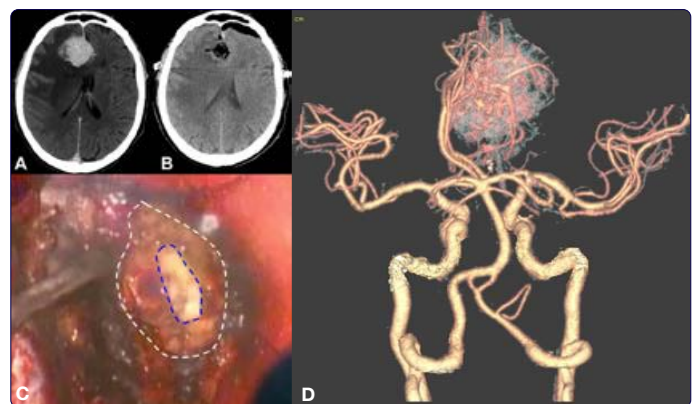


Figure 9. Pre- (A) and post-operative (B) axial CT images. Intraoperative picture (C) showing the progressive ablation of the lesion. White hatched area: lesion; blue hatched area: area of the lesion ablated by the laser. (D) Pre operative CT angiography.

Case 3: Spinal Schwannoma

A 40-year-old man was admitted to our neurosurgical department with a 6-months history of back pain, numbness, and weakness (Grade 4/5) in both his lower limbs. He had undergone a T11-T12 left laminectomy for removal of a schwannoma about 4 years before. MRI showed a T11-T12 intradural extramedullary mass, severely compressing the spinal cord (Figure 10). Therefore, the patient underwent a second surgery at the same site.

Intraoperatively, extensive fibrosis was encountered. After a careful dissection of the scar tissue, that was cauterized and cut with the CO₂ laser, the dural sheath was exposed and opened. A greyish-white mass was detected. Using microsurgical technique, the limits of the tumor were identified and the lesion was carefully excised with the aid of the CO₂ laser.



Figure 10. Pre- (A) and post-operative (B) sagittal MRI images. Intraoperative view (C) showing the progressive coagulation and removal of the lesion.

No spinal fixation was required, and the dura was closed with direct primary suture without duraplasty. The histological diagnosis of spinal schwannoma was confirmed. At six months follow-up, the patient had complete resolution of all preoperative deficits. A 2 years follow-up MRI confirmed the gross total resection of the lesion without recurrence or evidence of instability.

Conclusion

In our experience, the SmartXide² CO₂ laser, coupled with Easyspot Hybrid and Hiscan Surgical, turned out to be a suitable system for the resection of different cerebral and spinal lesions. It is an effective and precise tool to perform different neurosurgical steps and procedures. Therefore, the SmartXide² CO₂ laser may represent, in selected cases, an useful and safe surgical instrument. It addresses some of the ergonomic limitations of the laser systems, and is able to cut/ablate and coagulate the tissue at the same time, with minimal lateral thermal spread, thus preserving the surrounding neurovascular structures.

Acknowledgments: The authors thank Dr. Luca Giannoni (from the Research & Development Department of El.En. Company, Calenzano - Italy) for his help and support.

Disclosure Statement

Conflict of interest: The authors reported no relevant conflict of interest to disclosure.

References

1. Devaux BC, Roux FX. Experimental and clinical standards, and evolution of lasers in neurosurgery. *Acta Neurochir (Wien)*. 1996;138(10):1135-1147. doi:10.1007/bf01809742.
2. Ryan RW, Spetzler RF, Preul MC. Aura of technology and the cutting edge: a history of lasers in neurosurgery. *Neurosurg Focus*. 2009;27(3):E6. doi:10.3171/2009.6.FOCUS09125.
3. Ryan RW, Wolf T, Spetzler RF, Coons SW, Fink Y, Preul MC. Application of a flexible CO(2) laser fiber for neurosurgery: laser-tissue interactions. *J Neurosurg*. 2010;112(2):434-443. doi:10.3171/2009.7.JNS09356.

4. Killory BD, Chang SW, Wait SD, Spetzler RF. Use of flexible hollow-core CO₂ laser in microsurgical resection of CNS lesions: early surgical experience. *Neurosurgery*. 2010;66(6):1187-1192. doi:10.1227/01.NEU.0000369195.17553.F3.
5. Gardner G, Robertson JH, Clark WC, Bellott AL, Hamm CW. Acoustic tumor management--combined approach surgery with CO₂ laser. *Am J Otol*. 1983;5(2):87-108.

the fact that the \mathbb{Z}_2 -action on \mathbb{R}^n is not free, the quotient space $\mathbb{R}^n/\mathbb{Z}_2$ is not a manifold. However, the quotient space $\mathbb{R}^n/\mathbb{Z}_2$ is a manifold with boundary, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action, which is a linear subspace of \mathbb{R}^n .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

Let M be a manifold with boundary ∂M . The quotient space M/\mathbb{Z}_2 is a manifold with boundary $\partial(M/\mathbb{Z}_2)$, where the boundary is the set of fixed points of the \mathbb{Z}_2 -action on M .

DEKA
Innate Ability

DEKA M.E.L.A. s.r.l.
Via Baldanzese, 17
50041 Calenzano (FI) - Italy
Ph. +39 055 88.74.942
Fax +39 055 88.32.884



www.dekalaser.com