

УДК 615.47

Н.А. Грязнов, А.В. Лопота, Е.Н. Соснов
Санкт-Петербург, Россия

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

N.A. Gryaznov, A.V. Lopota, E.N. Sosnov
St.-Petersburg, Russia

COMPLEX APPROACH TO SOLVING TASKS OF MEDICAL ROBOTICS

Рассмотрены возможности синергетической интеграции таких ключевых медицинских технологий, как лазерная хирургия, эндоскопическая диагностика и эндовидеохирургия, аппаратная перфузия органа или участка тела пациента с формированием локального изолированного контура кровообращения, а также роботизированные системы управления инструментом.

МЕДИЦИНСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА. ПЕРФУЗИЯ. ЛАЗЕРНАЯ ХИРУРГИЯ. ЭНДОВИДЕОХИРУРГИЯ.

Synergetic integration of such key medical technologies as laser surgery, endoscopic diagnostics and endovideosurgery, apparatus perfusion of a patient organ or body sector with formation of local blood loop, and robotic control system opens new horizons of low-invasion surgery.

MEDICAL ROBOTICS. PERFUSION. LASER SURGERY. ENDOVIDEOSURGERY.

Угроза для жизни человека, требующая срочного медицинского вмешательства, является экстремальной ситуацией сама по себе. Вдвойне сложнее, когда она отягощена внешними экстремальными обстоятельствами, будь то природные катастрофы, террористические акты или даже просто условия, в которых оказание врачебной помощи затруднительно. Каких бы успехов не добилась современная хирургия в крупных медицинских центрах и клиниках, существует широкий спектр областей деятельности человека, при которых быстрая доставка пациента в стационар является сложной, а подчас и неразрешимой проблемой.

Вместе с тем скорость и качество восстановления пациента после оказания ему хирургической помощи зависит не только от времени его доставки в операционную, но и от размеров травмы, полученной им дополнительно во время операции. Переход от полостных операций к лапароскопическим и формирование эндовидеохирургии определяют наиболее перспективное направление развития современной хирургии. Понятие «малоинвазивной хирургии» по мере развития медицинского инструментария и соот-

ветствующих технологий постепенно наполняется физическим смыслом.

Предлагаемый в данной статье комплексный подход к малоинвазивной хирургии заключается в синергетической интеграции следующих ключевых медицинских технологий:

лазерной хирургии;

эндоскопической диагностики и эндовидеохирургии;

аппаратной перфузии органа или участка тела пациента с формированием локального изолированного контура кровообращения;

роботизированного управления инструментом.

Одним из основных факторов дополнительного травмирования пациента во время хирургической операции являются продукты распада собственных биологических тканей, поврежденных механическим, термическим или иным воздействием. Борьба с этим явлением должна идти сразу по двум направлениям: наряду с минимизацией вносимых повреждений необходимо озаботиться процессом удаления тех самых продуктов распада.

Рассмотрим возможные пути минимизации

травмирования пациента хирургом. Лазерные технологии хороши тем, что они прекрасно комбинируются с лапароскопическими методами и другими приемами эндовидеохирургии. Они позволяют не только рассекать ткань, но и осуществлять термическое воздействие, например коагуляцию биологических жидкостей или тканей. Для достижения необходимого сочетания биологических эффектов можно использовать комбинацию лазерных источников с различными спектральными характеристиками.

Например, воздействие лазерного излучения с двумя длинами волн может варьироваться в зависимости от соотношения мощностей источников, притом что излучение с длиной волны 1470 нм (глубина проникновения 0,1–0,3 мм, хорошая абляция) эффективно рассекает биоткань, а излучение с длиной волны 980 нм (глубина проникновения 2–3 мм, хорошая свертываемость) эффективно «заваривает» место разреза.

Ключевым недостатком современных лазерных скальпелей является отсутствие волоконного выходного коллиматора и технологии дистанционного рассеечения. В результате проводимую процедуру даже трудно назвать бесконтактным воздействием, поскольку одним из ключевых факторов является термическое воздействие раскаленного торца волокна со всеми вытекающими из этого негативными последствиями.

Наиболее перспективным способом решения указанной проблемы является доставка лазерного излучения по световоду из жидкости по технологии компании Synova (Швейцария), используя

щей ее для резки тонких металлических листов [1]. На рис. 1 показано устройство для формирования струи жидкости и ввода излучения в этот своеобразный световод.

Для медицинских применений в качестве жидкости целесообразно использовать физиологический раствор, но никого не удивит, если в процессе формирования технологии будут выявлены лекарственные средства, которые будут вводиться в нее по дополнительным показаниям. Жидкость в данном случае играет двойную роль: удерживает излучение внутри струи и отводит тепло.

Первое обстоятельство позволяет отводить наконечник лазерного скальпеля от места воздействия на дистанцию стабильности струи (зависит от давления и диаметра) без потери энергетика. Второе – нивелирует термическое воздействие за пределами обрабатываемой зоны, снижая травму, наносимую пациенту. Заметим, что малый диаметр струи (десятки микрон) даже при высоком давлении (десятки атмосфер) обеспечивает малый расход жидкости (единицы миллилитров в минуту).

При использовании указанной технологии появляется возможность, отодвинувшись от обрабатываемой зоны, осуществлять визуальный мониторинг процесса непосредственно во время воздействия или сразу после восстановления оптической прозрачности. На рис. 2 приведен вариант усовершенствования современного эндовидеохирургического инструментария для проведения вапоризации аденомы простаты.

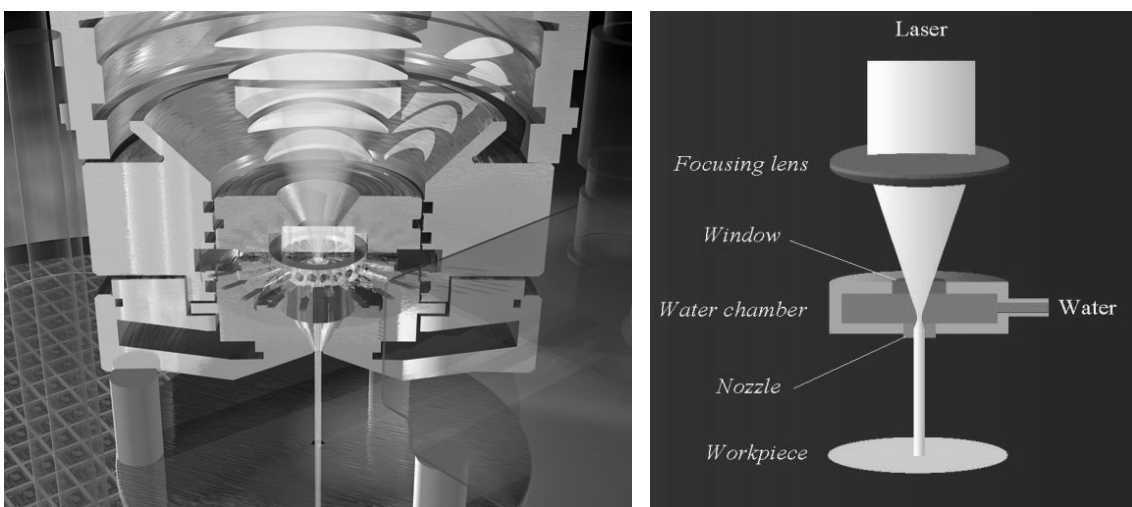


Рис. 1. Формирование световода из струи жидкости (слева) и оптическая схема ввода излучения в струйный световод (справа)

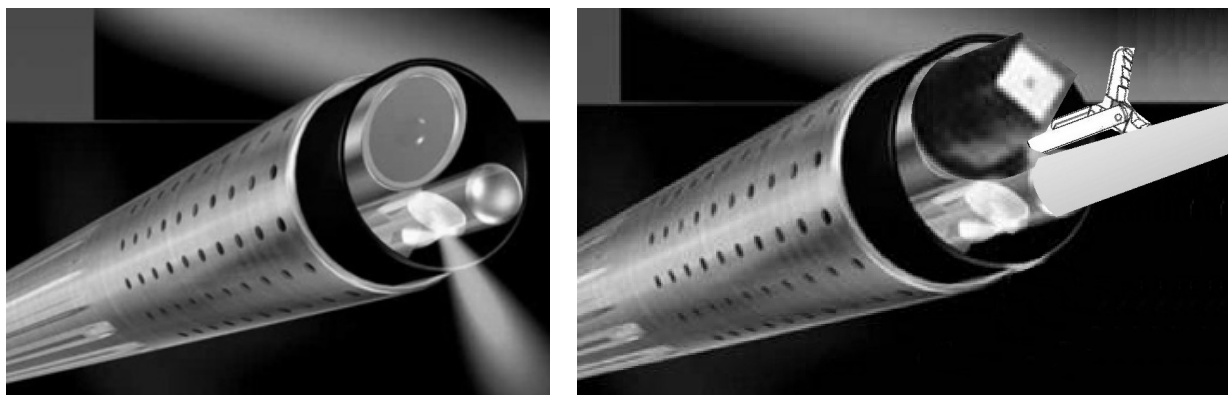


Рис. 2. Современный инструмент эндовидеохирургии (слева) и вариант его усовершенствования (справа)

Замена волоконного излучателя с поворотным зеркалом на конце струйным световодом обеспечивает возможность работы в заданном направлении на требуемом удалении. Использование простейших захватов позволит не только фиксировать зону обработки, но и осуществлять простейшие процедуры по зажиму сосудов или соединению тканей, которые необходимо сварить друг с другом.

Отдельного внимания требует использование современных телевизионных средств взамен волоконных методов передачи изображения. В первую очередь это связано с высокой стоимостью последних и невозможностью осуществления их полноценной стерилизации, что обусловлено самой природой жгута оптических волокон. Современные сверхминиатюрные камеры лишены указанных недостатков.

Габариты микрокамеры компании Awaiba (Германия) составляют $1 \times 1,5 \text{ мм}^3$, а стоимость даже на сегодняшний день не превышает 15 тыс. руб [2]. В дальнейшем можно ожидать лишь дополнительного снижения стоимости. При этом она обеспечивает в цветном или монохромном изображении разрешение 256×256 пикселей с длиной шлейфа до 3 м. Снижение габаритов эндоскопического инструмента также является одним из существенных факторов понижения негативного воздействия хирургического инструмента.

Тем не менее основная роль в борьбе с продуктами распада, возникающими при хирургических операциях, должна принадлежать перфузионной технике (см. рис. 3). Это обусловлено тем, что их распространение по организму пациента осуществляется преимущественно кровеносной системой. Следовательно, одним из наиболее

перспективных приемов подготовки к проведению операции является перфузионная изоляция органа, на котором проводится операция, или соответствующего участка тела от остального организма.

Другими словами, орган должен быть отключен от кровеносной системы (если он жизненно необходим, то на это время он заменяется искусственным) и подключен к отдельной перфузионной системе [3]. Это позволит не только снизить кровопотери за счет использования заменителей в выделенном контуре, но и провести эффективную фильтрацию.

Перфузионная техника для изоляции области операции позволит осуществить следующие процедуры:

- селективную фильтрацию или удаление из кровеносного русла продуктов абляции;
- восстановление нормального обмена веществ в тканях после проведения операций;
- таргетную доставку медикаментозных препаратов в область проведения операции (например, фотосенсибилизатора при ФДТ).

Для реализации указанных технологий необходимо обеспечить надежное подключение к кровеносной системе пациента на уже провозглашенных принципах минимизации негативного воздействия. Комплексирование технологий подразумевает внедрение уже на данной стадии операции роботизированного управления медицинским инструментом. Можно сформулировать ключевые функции основных подсистем медицинской робототехники:

- 1) функции исполнительных элементов – усиление и повышение точности при снижении поперечного сечения;

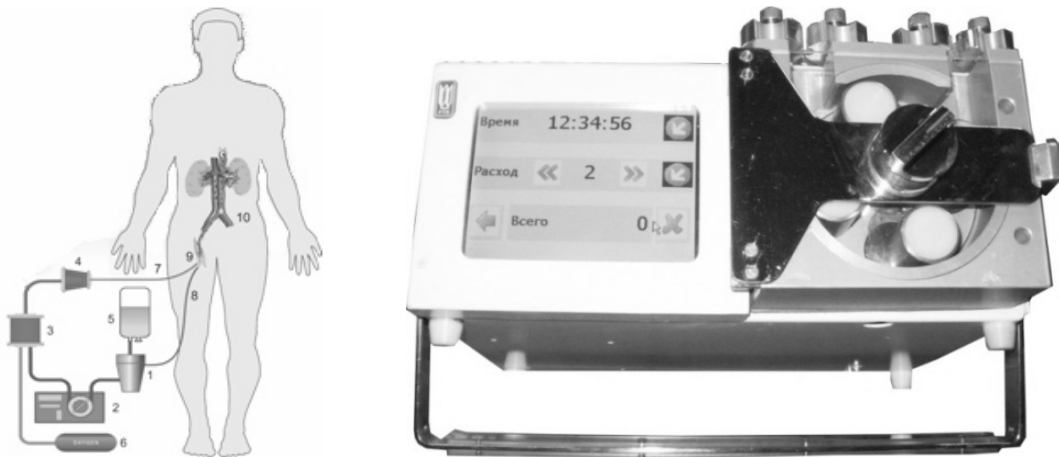


Рис. 3. Схема подключения перфузионной техники (слева) и образец перфузионного насоса (справа)

2) функции сенсорной аппаратуры – контроль параметров пациента и аппаратуры;

3) функции системы управления – ассистирование хирургу в части оперативного решения многопараметрической задачи.

Подводя итоги следует подчеркнуть следующее.

Комбинирование лазерного воздействия с технологией формирования микроструи позволит не только повысить эффективность доставки излучения, но и уменьшить поражение тканей за пределами зоны обработки за счет эффективного отвода тепла.

Использование нескольких длин волн лазерного излучения даст возможность варьировать и оптимизировать соотношение процессов рассеечения и коагуляции для различных операционных

процедур.

Замена жгута оптических волокон на сверхминиатюрные телекамеры обеспечит снижение поперечных габаритов инструмента для эндовидеохирургии.

Применение перфузионной техники для формирования полностью изолированных участков организма позволит существенно снизить негативное воздействие от попадания поврежденных инструментом тканей и продуктов их распада в кровеносную систему и не участвующие в операции органы пациента.

Роботизация сложной техники необходима для избавления медицинского персонала от рутинных процессов, контроля большого количества параметров и ассистирования хирургу при проведении процедур, требующих особых усилий или высокой филигранности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kray, D. Study on the edge isolation of industrial silicon solar cells with waterjet-guided laser [Text] / D. Kray, S. Hopman, A. Spiegel [et al.] // Solar Energy Materials & Solar Cells. –2007. –Vol. 91. –P. 1638–1644.

2. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: http://www.awaiba.com/v2/wp-content/uploads/2010/01/NanEye_USB_evaluation_unit_v1.04_web.pdf

3. Лопота, В.А. Разработка нового поколения медицинских аппаратных комплексов на основе перфузионных насосов «Марс» [Текст]/ В.А. Лопота, А.С. Кондратьев, В.В. Кириченко, В.Б. Митренин, К.Ю. Сенчик, А.Д. Юхнев// Современные наукоемкие технологии. –2004. –№ 4. –С. 39–40.