

PASCAL — НОВАЯ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ ПАТТЕРН-СКАНИРУЮЩАЯ ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА

© Ф. Е. Шадричев, Е. Е. Краснощекова

Санкт-Петербургский территориальный диабетологический центр

✧ Лазерное воздействие на сетчатку часто сопровождается значительными побочными эффектами, которые могут оказывать влияние на зрительные функции. Кроме этого, массивные (большого объема) лазерные вмешательства трудно переносимы пациентами, поскольку могут вызывать выраженные болевые ощущения. Поэтому с момента широкого внедрения лазерной коагуляции сетчатки не прекращаются попытки усовершенствовать существующие методики выполнения лазерных процедур, сделать их более комфортными за счет сокращения времени воздействия и уменьшения болевых ощущений. Статья посвящена полуавтоматической паттерн-сканирующей лазерной установке PASCAL.

✧ **Ключевые слова:** PASCAL; паттерн-сканирующая установка; лазеркоагуляция сетчатки; паттерн-лазерная трабекулопластика.

Лазерная коагуляция сетчатки остается основным методом лечения для очень большого числа заболеваний, в том числе — ишемических ретинопатий (диабетической и посттромботической ретинопатии, ретинопатии недоношенных, болезни Илса), макулопатий различного генеза, периферических витреохориоретинальных дистрофий, отслойки сетчатки и многих других патологических состояний. Стандартные методики лазерных вмешательств на глазном дне выполняются с помощью твердотельного Nd-YAG с удвоенной частотой (с длиной волны излучения 532 нм, зеленой части спектра), аргонового (с длиной волны излучения 488 нм или 514 нм, зеленой или сине-зеленой части спектра) или диодного (с длиной волны излучения 810 нм, инфракрасной части спектра) лазеров. Классическая коагуляция заключается в последовательном нанесении ожогов в одиночном (или с моделируемым интервалом между импульсами) режиме. Поскольку лазерное воздействие на сетчатку и сосудистую оболочку сопровождается рядом серьезных побочных эффектов, все время продолжают поиски как альтернативных, менее «агрессивных» способов лечения, так и попытки усовершенствовать существующие методики выполнения лазерных процедур. Одним из интересных событий стало появление в последние годы на рынке «мультифокальных» лазерных установок.

В июне 2006 года была запущена в производство полуавтоматическая паттерн-сканирующая установка PASCAL (Optimedica Corp, США). Ее основу составляет Nd-YAG-лазер с удвоенной частотой (дли-

на волны 532 нм) со сканером и микропроцессором, создающим различные варианты предварительно заданных шаблонов (паттернов). Прибор может генерировать импульс длиной 10–30 мс с максимальной мощностью 2000 мВ. При воздействии на периферии глазного дна используются широкоугольные контактные панфундус-линзы: «Mainster Ultra Wide Field» («Ocular Instruments Inc.», США), «Mainster PRP 165» («Ocular Instruments Inc.», США), «Volk Super Quad» («Volk Optical Inc.», США) или «Volk H-R Wide Field» («Volk Optical Inc.», США). Для коагуляции в макулярной зоне применяют линзы «Volk Area Centralis» («Volk Optical Inc.», США), «Mainster Focal/Grid» («Ocular Instruments Inc.», США). По мнению производителей, PASCAL, позволяя выполнять не только все виды лазерных вмешательств на сетчатке, но и воздействие на трабекулярной зоне (паттерн-лазерная трабекулопластика), может считаться универсальной установкой, удовлетворяющей все потребности лазерного хирурга.

Бесспорно, основной областью применения лазерной установки PASCAL является выполнение массивных лазерных вмешательств на глазном дне, например панретинальной лазерной коагуляции сетчатки (ПРЛКС) при ее диабетических поражениях или посттромботической ретинопатии. В этом случае на средней периферии сетчатки за 2–3 сеанса (с интервалом в 3–4 недели) наносят 1500–2500 ожогов, оставляя свободной зону в 1 DP от носового края диска зрительного нерва, в 3 DP (1 DP (*diametrum papillae*) — один диаметр диска зри-

тельного нерва (1500 микрон)) сверху и снизу и в 4 DP к височной стороне от анатомического центра макулярной зоны. Как правило, при выполнении вмешательства используется пятно диаметром 500 мкм с длительностью импульса 0,1–0,2 с. Энергия излучения подбирается индивидуально в зависимости от пигментации глазного дна и прозрачности оптических сред для получения коагулятов 2–3 степени.

Основным отличием установки PASCAL от традиционно используемых лазерных офтальмокоагуляторов является возможность практически одномоментного нанесения (однократным нажатием педали прибора) нескольких лазерных ожогов одинакового размера и интенсивности. Коагуляты располагаются согласно выбранной хирургом на дисплее прибора программе. Паттерны могут иметь форму квадрата, круга, дуги или решетки. В случае использования программы для выполнения вмешательства в макулярной зоне дополнительно генерируется пятно для фиксации взгляда пациента во время процедуры. Количество нанесенных лазерных ожогов может достигать 56 за 620 мс. Применение установки PASCAL позволяет более аккуратно выполнить процедуру — получить идентичные по размеру и интенсивности, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга лазерные коагуляты. Значительное сокращение времени проведения процедуры панретинальной лазерной коагуляции сетчатки с помощью PASCAL отмечают многие авторы. Так, по данным M. S. Blumenkrantz с соавторами, использование данного прибора позволяет выполнить необходимый объем ПРЛКС (стандартно — три сеанса по 15 минут) за три сеанса длительностью в 3 минуты или в один сеанс за 6–10 минут [3]. Обращается также внимание и на прогнозируемые экономические эффекты — сокращение стоимости лечения и увеличение объема выполняемых хирургом вмешательств [9]. Схожие результаты получили M. Nagral с соавторами, отметив, что для коагуляции на установке PASCAL время проведения процедуры сокращается в 3 раза (среднее время нанесения лазерных ожогов за один сеанс составило 1,47 минуты при использовании PASCAL и 4,57 минуты при использовании стандартной лазерной установки с одиночным пятном) [6].

Еще одной существенной особенностью установки PASCAL является предлагаемая разработчиками прибора длина импульса в диапазоне 10–30 мс, что значительно короче временных параметров, традиционно используемых для коагуляции сетчатки (100–200 мс). Производители прибора рекомендуют использовать излучение длительностью 10 мс для вмешательства в ма-

кулярной зоне и 20–30 мс — для ПРЛКС и работы одиночным пятном. Укорочение импульса позволяет снизить избыточный разогрев сосудистой оболочки вследствие термальной диффузии, уменьшить повреждение и воспаление внутренних слоев сетчатки, обеспечив при этом необходимую деструкцию в ее наружных слоях.

Экспериментальные исследования прибора проводились на глазах кроликов. Так, M. S. Blumenkrantz с соавторами изучали воздействие на сетчатку импульсов длиной 10, 20, 50 и 100 мс. Исследователи использовали паттерн в виде решетки 4×4 (16 коагулятов). Забор гистологического материала осуществлялся через 1 час, 1 день, 1 неделю и 1 месяц после нанесения лазерных ожогов. Авторы отметили, что укорочение времени излучения требует пропорционального увеличения его энергии для достижения визуально схожих по интенсивности лазерных ожогов. Клинически одинаковые коагуляты получали с помощью импульса длиной 10 мс (энергия излучения 240 мВ) и 100 мс (энергия излучения 60 мВ). Разницы между полученными изменениями в гистологических препаратах сетчатки кроликов не выявили, однако отметили, что коагуляты, полученные с помощью коротких импульсов, гомогенны и имеют более четкие границы. При этом было подчеркнуто, что прибор с возможностью одномоментного нанесения определенного числа лазерных ожогов может быть особенно полезен при выполнении субпороговых методик лечения, когда хирург не видит клинического эффекта и вынужден запоминать точную локализацию всех ранее нанесенных «невидимых» коагулятов. Также исследователи предполагают, что уменьшение термальной диффузии и разогрева хориоидеи при использовании более коротких импульсов приведет к уменьшению дефектов в полях зрения пациентов, что требует дальнейшего изучения [3].

Эффекты лазерной коагуляции с использованием различной длительности импульса (от 1 до 100 мс) на 36 глазах кроликов изучали также A. Jain с соавторами. В ходе эксперимента они выявили линейную зависимость размера полученного пятна от энергии излучения и логарифмическую — от длительности импульса. Также было отмечено, что поражение сетчатки тем глубже, чем больше время излучения. Оптимальным авторы сочли длительность импульса 20 мс [4].

M. Y. Paulus с соавторами, основываясь также на изучении гистологического материала глаз кроликов, отметили меньший уровень рубцевания во внутренних слоях сетчатки при коагуляции с использованием излучения меньшей длины им-

пульса [7].

Рядом исследователей оценивалась морфология выполненных на установке PASCAL лазерных коагулятов *in vivo*, используя феномен аутофлюоресценции и данные спектральной оптической когерентной томографии (ОКТ). В исследование включили 17 глаз: 15 — после коагуляции в макулярной области по типу «решетки» (длительность импульса излучения 10 мс) и 2 — после ПРЛКС (длительность импульса излучения 20 мс). Во всех случаях через час после процедуры выявляли гипофлюоресценцию на границе нанесенного ожога, сопровождающуюся, по данным ОКТ, локальной гипорефлексивностью на уровне наружных слоев сетчатки. Через одну неделю была отмечена умеренная гиперфлюоресценция коагулятов одновременно с дефектом между слоями внутренних и наружных сегментов фоторецепторов и деструкцией в слое пигментного эпителия сетчатки. Таким образом, неразличимые офтальмоскопически изменения можно было выявить и наблюдать с помощью ОКТ и аутофлюоресценции. Важным фактом явилось то, что, наблюдая пациентов в течение года, исследователи отметили стабильность размера полученных коагулятов, отсутствие тенденции к их увеличению [5].

При выполнении ПРЛКС необходимо учитывать, что процедура может быть крайне некомфортной для пациента, поскольку достаточно часто сопровождается болевыми ощущениями. Они значительно усложняют проведение лечения, а в ряде случаев могут не позволить хирургу выполнить необходимый объем вмешательства. Их интенсивность зависит от ряда факторов, в том числе — пигментации глазного дна, количества выполненных сеансов лечения (каждый последующий сеанс, как правило, переносится пациентом хуже), индивидуального порога болевой чувствительности. Скорее всего, болевые ощущения связаны с более глубоким термальным повреждением (особенно при использовании традиционных офтальмокоагуляторов). Ретробульбарная и субтеноновая анестезия являются эффективными методами обезболивания, но их использование создает дополнительные риски и увеличивает временные затраты, что очень важно при больших потоках пациентов. Предварительный прием анальгетиков из группы нестероидных противовоспалительных препаратов дает крайне незначительный эффект. Укорочение же длительности импульса с адекватным увеличением его энергии позволяет уменьшить неприятные субъективные ощущения. К таким выводам пришла S. Al-Hussainy с соавторами. В исследовании приняли участие 20 пациентов, которым на одном глазу выполнялась ПРЛКС в двух режимах, различных для верхней и нижней половины сетчат-

ки. С помощью лазерного излучения с длиной волны 532 нм за один сеанс наносили 500 ожогов, используя пятно диаметром 300 мкм. Однако в одном случае длительность импульса составила 0,1 с (режим А), а во втором — 0,02 с (режим В, при этом использовалась установка PASCAL). Для достижения одинакового клинического эффекта при использовании режима А потребовалась средняя энергия излучения 0,178 В, средняя болевая чувствительность составила 5,11 по аналоговой шкале, тогда как при режиме В эти показатели составили 0,48 В и 1,41 соответственно. Полученные результаты подтверждают достоверное снижение болевых ощущений при выполнении ПРЛКС на установке PASCAL за счет изменения параметров лазерного излучения — уменьшения длительности импульса при соответствующем увеличении энергии [2].

В настоящее время прибор успешно применяется во многих европейских и американских клиниках. С. Sanghvi с соавторами ретроспективно проанализировали 75 случаев применения офтальмокоагулятора PASCAL для выполнения ПРЛКС по поводу диабетической ретинопатии и ишемического тромбоза вен сетчатки, фокальной коагуляции или модифицированной «решетки», коагуляции ретинальных разрывов и зон периферической витреохориоретинальной дистрофии. Отметив качество и полноценность выполнения лазерных вмешательств наряду с уменьшением болевых ощущений со стороны пациентов, авторы подчеркнули необходимость проведения рандомизированных исследований по сравнительной оценке применения PASCAL и стандартных лазерных установок [9].

Основываясь на небольшом количестве коагуляций (14 глаз — по традиционной методике и 17 — на установке PASCAL) F. Rufel с соавторами также отметили преимущество в плане временных затрат и менее выраженные болевые ощущения пациента. В то же время авторы сочли, что традиционно используемые лазерные установки с одиночным режимом нанесения ожогов кажутся им более безопасными для коагуляции в макулярной зоне (при этом причины подобного заключения объяснены не были) [8]. Возможно, причина таких опасений связана с тем, что одновременное нанесение множества лазерных ожогов одинаковой интенсивности может привести к нежелательному гиперэффекту, например, в случае неоднородного (по толщине) отека сетчатки или пигментации в макулярной зоне.

M. Nagpal с соавторами сообщили о результатах рандомизированного клинического исследования, в котором сравнивалась коагуляция с помощью установки PASCAL с традиционно используемым зеленым лазером. Оценивали 60 пациентов с про-

лиферативной диабетической ретинопатией на обоих глазах. При выполнении ПРЛКС на одном глазу использовали офтальмокоагулятор PASCAL, а на втором — твердотельный Nd-YAG-лазер с удвоенной частотой (длина волны излучения 532 нм) с одиночным режимом нанесения ожогов. Авторы пришли к выводу, что при достижении одинаковых по интенсивности лазерных ожогов (3 степени) и равной регрессии пролиферативного процесса в случае применения установки PASCAL удалось выполнить процедуру более аккуратно, получив меньшую зону перифокальной атрофии, а также сохранить более высокую чувствительность в центральной 30° зоне. Однако объяснить природу таких различий авторы не смогли. Также исследователи отметили быстроту выполнения и меньшую болевую чувствительность пациентов при коагуляции с помощью системы PASCAL [6].

Как уже упоминалось выше, чем короче длина излучения, тем меньше термальное поражение ткани. Данный принцип лег в основу паттерн-лазерной трабекулопластики (П-ЛТП), первые результаты которой представил F. Gil-Corrasco с соавторами, наблюдавший 24 пациента (47 глаз) с некомпенсированной первичной открытоугольной глаукомой. Исследователи использовали следующие параметры вмешательства: зона воздействия 180°, длительность импульса 5 мс, диаметр пятна 100 мкм. Титровали лазерное излучение одиночным пятном, используя импульс длительностью 10 мс, с последующим его укорочением до 5 мс. Использовали паттерн для одномоментного нанесения 24 коагулятов (зона воздействия 22,5°). Время наблюдения пациентов составило 9 месяцев. Исследователям удалось добиться эффективного снижения внутриглазного давления (на 25 %), уменьшив стартовую величину с $21,5 \pm 3,5$ мм рт. ст. до $15,3 \pm 2,2$ мм рт. ст. Авторы пришли к мнению, что П-ЛТП является эффективной процедурой, сравнимой по своим результатам с селективной лазерной трабекулопластикой (за счет использования короткого импульса можно снизить процесс рубцевания и обеспечить возможность повторного проведения процедуры). Данный аспект, несомненно, требует дальнейшего изучения.

Первый положительный опыт применения установки PASCAL получили и отечественные ученые, предположив, что данную установку можно успешно использовать для выполнения пупиллопластики [1].

В то же время стоит отметить, что зачастую сообщения о результатах применения установки PASCAL, в том числе и в сравнении с традиционно используемыми лазерными установками, сводятся к

небольшому объему наблюдений (15–20 случаев).

С учетом приведенных данных можно предположить, что паттерн-сканирующая установка PASCAL делает выполнение ряда процедур (в первую очередь — ПРЛКС) более легким для врача, более комфортным для пациента, а также оказывает меньше отрицательных побочных эффектов на зрительные функции, чем традиционная лазерная коагуляция. Несомненно, требуется дальнейшее изучение прибора для адекватной оценки его преимуществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большунов А. В. Первый опыт клинического использования лазерной офтальмологической установки PASCAL PHOTOCOAGULATOR // Вестник офтальмологии. — 2009. — № 4. — С. 37–38.
2. Al-Hussainy S., Dorson P. M., Gibson J. M. Pain response and follow-up of patients undergoing panretinal laser photocoagulation with reduced exposure times // Eye. — 2007. — N1 — P. 96–99.
3. Blumenkrantz M. S., Yellachich D., Andersen D. E. et al. Semi-automated patterned scanning laser for retinophotocoagulation // Retina. — 2006. — N3. — P. 370–376.
4. Jain A., Blumenkrantz M. S., Paulus Y. et al. Effect of pulse duration on size and character of the lesion in retinal photocoagulation // Arch Ophthalmol. — 2008. — Vol. 126, N 1. — P. 78–85.
5. Muqit M., Gray J., Marcellino G. Fundus autofluorescence and Fourier-domain optical coherence tomography imaging of 10 and 20 millisecond Pascal retinal coagulation treatment // Br. J. Ophthalmol. — 2009. — Vol. 93, N 4. — P. 518–525.
6. Nagpal M., Marlecha S., Nagpal K. Comparison of laser photocoagulation for diabetic retinopathy using 532-nm standard laser versus multispot pattern scan laser // Retina. — 2010. — N3. — P. 452–458.
7. Paulus M. Y., Jain A., Gartano R. F. et al. Healing of retinal photocoagulation lesions // Clinical science. — 2008. — Vol. 49, N 12. — P. 5540–5545.
8. Rufer F., Flohr M., Poerksen E., Roeder J. Retinal laser coagulation with the PASCAL Pattern scanning laser — erster klinischer Erfahrungsbericht // Klin monatsbl augenheilkd. — 2008. — Vol. 225, N 11. — P. 1–5.
9. Sanghvi C., McLauchlan R., Delgado C. et al. Initial experience with the Pascal photocoagulator: a pilot study of 75 procedures // Br. J. Ophthalmol. — 2008. — Vol. 92. — P. 1061–1064.

PASCAL – A NEW SEMI-AUTOMATIC PATTERN-SCANNING LASER SYSTEM

Shadrichev F. E., Krasnoschekova E. E.

✧ **Summary.** Laser photocoagulation of the retina is often accompanied by significant side-effects, which could influence visual functions. Besides, lengthy laser procedures are difficult to endure for the patients, and because they may induce significant pain. Since

the introduction of retinal photocoagulation, there have been efforts to improve existing laser procedures and methods, to make them more comfortable by limiting exposure time to decrease pain. The present article describes the semi-automatic PASCAL pattern-scanning laser system.

✧ **Key words:** PASCAL; pattern-scanning system; retinal photocoagulation; pattern-laser trabeculoplasty.

Сведения об авторах:

Шадричев Федор Евгеньевич — к. м. н., заведующий, офтальмологическое отделение, Санкт-Петербургский территориальный диабетологический центр. 194354, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, д. 10 Д.
E-mail: shadrichev_dr@mail.ru.

Краснощекова Екатерина Евгеньевна — к. м. н., врач. Санкт-Петербургский территориальный диабетологический центр, офтальмологическое отделение. 194354, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, д. 10 Д.
E-mail: krasnoshchekova@mail.ru

Shadrichev Fedor Evgenievich — MD, candidate of medical science, head of the ophthalmology department, St.Petersburg territorial diabetology center.
194354, St.Petersburg, Sikeiros str., 10.
E-mail: shadrichev_dr@mail.ru.

Krasnoschekova Ekaterina Evgenevna — MD, candidate of medical science. Ophthalmology department, St.Petersburg territorial diabetology center.
194354, St.Petersburg, Sikeiros str., 10.
E-mail: krasnoshchekova@mail.ru.