

УДК 617.747-089.166-06:616-073.65:616-089.51

Динамика внутриглазной температуры в процессе витрэктомии

Р. Э. Назаретян¹, О. С. Задорожный¹, канд. мед. наук; Н. Н. Уманец¹, д-р мед. наук;
В. А. Науменко¹, д-р мед. наук, профессор; Н. В. Пасечникова¹, член-кор. НАМН Украины,
д-р мед. наук, профессор; В. В. Шафранский², д-р мед. наук, доцент

¹ ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П. Филатова НАМН Украины»; Одесса (Украина)

² Национальный медицинский университет им. А. А. Богомольца Киев (Украина)

E-mail: laserfilatova@gmail.com
shafrav@gmail.com

Ключевые слова:

витрэктомия, внутриглазная температура, глаз человека

Введение. Трансцилиарная витрэктомия уже достаточно давно применяется в офтальмологии. Тем не менее, в этой области существует ряд нерешенных проблем. Известны, например, факты фототоксического и фототермического повреждения сетчатки при проведении витрэктомии. Это обусловлено тем, что в ходе витрэктомии освещение глазного дна происходит через оптоволоконный эндоскопический световод, минуя барьерные свойства хрусталика, поэтому значительно снижаются пороги повреждающего влияния света на сетчатку [9]. Описано токсическое воздействие на нейроэпителий сетчатки красителей, используемых в ходе операции [5]. Описаны также механические повреждения внутренних слоев сетчатки в ходе витрэктомии потоком инфузируемого воздуха [6]. Кроме того известно, что повышение внутриглазного давления и снижение системного давления в ходе витреоретинальных вмешательств ведут к опасному снижению

Актуальность. Мониторинг параметров процесса лечения – актуальная проблема современной медицины. Однако на сегодняшний день мониторинг температуры внутриглазных сред, а также ирригационных растворов в процессе витреоретинальной хирургии, как правило, не применяется.

Цель. Изучить динамику внутриглазной температуры на различных этапах витреоретинальной хирургии.

Материал и методы. Под наблюдением находились 20 пациентов (20 глаз), которым выполнялась витрэктомия с использованием ирригационных растворов комнатной температуры (температура окружающей среды составила $24,4 \pm 0,51$ °C, температура раствора $24,2 \pm 0,52$ C). Во всех случаях проводилось измерение температуры в различных отделах витреальной полости перед началом витрэктомии, непосредственно после витрэктомии, а также после всех дополнительных хирургических манипуляций.

Результаты. В ходе работы было подтверждено существование градиента температур между передним и задним отделами стекловидного тела глаза человека. Наиболее высокая температура, при этом, была зарегистрирована в заднем отделе стекловидного тела ($34,17 \pm 0,36$ °C). После витрэктомии было обнаружено значимое снижение температуры содержимого витреальной полости. Наиболее низкая температура после витрэктомии была зарегистрирована в переднем отделе витреальной полости ($30,1 \pm 0,45$ °C), при чем наибольшее снижение температуры по сравнению с исходными показателями наблюдалось в заднем преретинальном отделе витреальной полости (на $3,8 \pm 0,59$ °C). Обнаружено, что после дополнительных хирургических манипуляций происходит повышение температуры содержимого витреальной полости и с увеличением времени манипуляции нарастает и температура в витреальной полости (в среднем на $0,18$ °C в минуту).

Выводы. Витреоретинальные хирургические вмешательства выполняются в условиях неконтролируемой искусственной локальной гипотермии глаза, что требует интраоперационного мониторинга внутриглазной температуры и температуры ирригационного раствора.

перфузионного давления, что, в свою очередь, приводит к интраоперационному ишемическому повреждению сетчатки и зрительного нерва [12].

На сегодняшний день также недостаточно изученным остается вопрос о том, какой температуры ирригационные растворы и в течение какого времени целесообразно использовать в процессе внутриглазной хирургии [18]. Так, Rinkoff J. с соавторами еще в 1986 г. продемонстрировали в эксперименте на кроликах возможность использования растворов с низкой температурой для витреоретинальной хирургии с целью уменьшения повреждения сетчатки светом эндоскопического световода [10]. Tamaï K. с соавторами моделировали ишемию сетчатки глаз кроликов путем повышения

внутриглазного давления при витрэктомии и отметили наименьшие структурные изменения сетчатки после хирургии с применением ирригационных растворов низкой температуры [14]. Romano M. R. с соавторами физико-математически обосновали возможность манипулирования реологическими свойствами веществ, которые используются для тампонады витреальной полости при витрореетинальной хирургии, путем изменения внутриглазного давления и температуры [11].

Мониторинг внутриглазной температуры позволяет контролировать динамику тепловых процессов в глазу в процессе офтальмологических хирургических вмешательств, проводимых в условиях искусственной гипотермии. Это, в свою очередь, приведет к более эффективному использованию полезных тепловых воздействий для лечения глазных болезней и снижению риска развития ряда интра- и послеоперационных осложнений.

Цель. Изучить динамику внутриглазной температуры на различных этапах витрореетинальной хирургии.

Материал и методы

Работа представляет собой пилотное открытое исследование. Проведение исследования было одобрено биоэтическим комитетом ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П.Филатова НАМН Украины». Все исследуемые подписывали информированное согласие. Под наблюдением находились 20 пациентов (20 глаз). Из них с диабетической ретинопатией – 6 глаз, с гемофтальмом – 4 глаза, с регматогенной отслойкой сетчатки – 8 глаз, с макулярным разрывом – 2 глаза. Возраст больных составил от 37 до 65 лет.

Для проведения витрэктомии использовалась хирургическая система Constellation® Vision System (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, USA). Витрэктомия выполнялась трехпортовым трансцилиарным доступом инструментом калибра 23G.

Методика операции: после обработки операционного поля раствором антисептика, эпibuльбарной и субтеноновой анестезии, выполнялась витрэктомия стандартным трёхпортовым доступом (частота резов 3500-7000 в минуту, аспирация 300-650 мм рт. ст., давление ирригационной жидкости – 25 мм рт. ст.).

Для ирригации применялся сбалансированный солевой раствор BSS PLUS® (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, USA) комнатной температуры. Температура раствора, поступающего в глаз, контролировалась в ходе операции. Во всех случаях регистрировались также температура воздуха в операционной, температура тела пациента, артериальное давление, частота пульса и насыщенность крови пациента кислородом. Измерение температуры в различных отделах витреальной полости (передний, средний и задний отделы) проводилось перед началом витрэктомии, непосредственно после операции, а также после всех дополнительных

манипуляций (эндолазерная коагуляция сетчатки, удаление внутренней пограничной мембраны, удаление эпиретинальной мембраны, расправление сетчатки перфтордекалином).

Для измерения температуры в различных отделах глаза, температуры ирригационного раствора и температуры воздуха в операционной применялось термоэлектрическое устройство, разработанное Институтом термоэлектричества НАН и МОН Украины и ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П.Филатова НАМН Украины» [1, 2].

Статистический анализ. Рассчитывалась базовая статистика: средние значения (M) и стандартные отклонения (SD). Достоверными считали различия с уровнем значимости $p < 0,05$. При сравнении показателей температуры в разных отделах витреальной полости использовался метод *t*-ANOVA и поправка Бонферрони для попарных сравнений (в случае нормального закона распределения), либо критерий Фридмана (для связанных выборок) и критерий Conover для попарных сравнений (в случае закона распределения отличного от нормального). Для анализа связи исходной температуры стекловидного тела с диагнозом, температурой тела пациента, частотой пульса, насыщенностью крови кислородом был использован метод построения и анализа логистических моделей регрессии. Для выявления связи изменения температуры в среднем отделе витреальной полости после витрэктомии (Δ) со временем дополнительных хирургических манипуляций был использован регрессионный анализ. Статистический анализ проводился с использованием пакетов Statistica v. 10.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA) и MedCalc v.18.10 (MedCalc Software Inc, Broekstraat, Бельгия).

Результаты

Температура воздуха в операционной перед началом хирургии в среднем составила $24,4 \pm 0,51$ °C, температура ирригационного раствора при этом была на уровне $24,2 \pm 0,52$ °C. Температура тела больных до операции в среднем составила $36,58 \pm 0,08$ °C.

На первом этапе работы были изучены исходные показатели температуры в различных отделах стекловидного тела. Было обнаружено наличие градиента температур между отделами стекловидного тела. Наблюдалось значимое изменение ($p < 0,001$ по критерию *t*-ANOVA) температуры стекловидного тела в направлении от хрусталика к сетчатке (отличие статистически значимо при всех парных сравнениях, $p < 0,05$) (таблица 1). Наиболее высокие показатели температуры стекловидного тела зарегистрированы в заднем его отделе. При проведении анализа не было выявлено связи ($p > 0,05$) исходной температуры стекловидного тела с температурой тела пациента, артериальным давлением, частотой пульса, насыщенностью крови кислородом и диагнозом.

Затем были изучены показатели температуры витреального содержимого непосредственно после ви-

Таблица 1. Динамика температуры содержимого витреальной полости после витрэктомии

	$\bar{X} \pm SD$			Уровень значимости различия между отделами, p
	Температура в переднем отделе витреальной полости, °C	Температура в среднем отделе витреальной полости, °C	Температура в заднем отделе витреальной полости, °C	
До витрэктомии	33,45±0,31 ^{#&}	33,85±0,39 ^{*&}	34,17±0,36 ^{*#}	<0,001
После витрэктомии	30,1±0,45 ^{#&}	30,27±0,44 ^{*&}	30,37±0,45 ^{*#}	<0,001
Разница температур	3,35±0,51 ^{#&}	3,58±0,65 ^{*&}	3,8±0,59 ^{*#}	<0,001

Примечания: * – отличие от значений температуры в переднем отделе витреальной полости статистически значимо, $p < 0,05$; # – отличие от значений температуры в среднем отделе витреальной полости статистически значимо, $p < 0,05$; & – отличие от значений температуры в заднем отделе витреальной полости статистически значимо, $p < 0,05$;

трэктомии в различных отделах витреальной полости. Продолжительность витрэктомии в среднем составила $6,4 \pm 0,75$ минуты. После витрэктомии было выявлено снижение температуры ($p < 0,001$) по сравнению с исходной во всех трех отделах витреальной полости (таблица 1). При этом также наблюдалось наличие градиента температур между этими отделами. Было зарегистрировано изменение ($p < 0,001$ по критерию Фридмана) показателей температуры содержимого витреальной полости в направлении от хрусталика к сетчатке (отличие статистически значимо при всех парных сравнениях, $p < 0,05$). При этом наиболее высокие показатели температуры сохранялись в заднем отделе витреальной полости.

Для сравнения динамики температуры содержимого витреальной полости после витрэктомии в таблице 1 приведены результаты ее измерения. Были установлены различия в уровне снижения температуры после витрэктомии в разных отделах витреальной полости ($p < 0,001$ по критерию Фридмана). При этом наименьшая разница температур в $3,35 \pm 0,51$ °C наблюдалась в переднем отделе витреальной полости, наибольшая – $3,8 \pm 0,59$ °C – в заднем (различие статистически значимо при всех парных сравнениях, $p < 0,05$).

На следующем этапе работы оценивалась связь изменения температуры в среднем отделе витреальной полости после витрэктомии (Δ) со временем дополнительных хирургических манипуляций. Проведенный регрессионный анализ выявил положительную линейную связь изменения температуры в среднем отделе витреальной полости после манипуляции с длительностью манипуляции ($r = 0,64$ при уровне значимости $p = 0,002$). Таким образом, с увеличением времени манипуляции, показатель Δ увеличивается (в среднем на $0,18$ °C/мин.). Повышение температуры содержимого средней части витреальной полости после дополнительных хирургических манипуляций по сравнению с температурой после витрэктомии составило $2,21 \pm 1,11$ °C, при этом время дополнительных хирургических манипуляций в среднем составило $7,3 \pm 3,9$ минуты.

При проведении витреоретинальных вмешательств и в послеоперационном периоде осложнений, которые могли быть связаны с дополнительным введением измерительных зондов в витреальную полость, не наблюдалось.

Обсуждение

Мониторинг параметров процесса лечения – актуальная проблема современной медицины. Сегодня терапевтическая контролируемая гипотермия успешно применяется в различных отраслях медицины (кардиохирургии, нейрохирургии, реаниматологии, неонатологии) с целью повышения устойчивости клеток головного мозга к условиям ишемии [4, 8, 13, 15, 16]. Возможность мониторинга температурных параметров в условиях охлаждения организма человека или его частей играет ключевую роль в достижении полезных эффектов гипотермии и снижении риска осложнений.

На сегодняшний день мониторинг температуры внутриглазных сред, а также ирригационных растворов в процессе витреоретинальной хирургии, как правило, не применяется. Хотя известно, что температура внутриглазных сред приближается к температуре тела, а температура используемых в ходе операции ирригационных растворов обычно значительно ниже температуры содержимого витреальной полости и соответствует температуре окружающей среды в операционной [7]. Таким образом, офтальмологические хирургические вмешательства, как правило, выполняются в условиях искусственной локальной гипотермии глаза, что подтверждают и наши результаты. Нами было обнаружено значимое снижение температуры содержимого витреальной полости во всех трех ее отделах после витрэктомии. При этом, наиболее низкая температура была зарегистрирована в переднем отделе витреальной полости и составила $30,1 \pm 0,45$ °C непосредственно после витрэктомии. В ходе витреоретинальной хирургии в эксперименте на кроликах было обнаружено снижение внутриглазной температуры до уровня глубокой гипотермии при использовании ирригационных растворов комнатной температуры [3].

Следует отметить, что наибольшее снижение температуры наблюдалось в заднем преретинальном отделе витреальной полости (на $3,8 \pm 0,59$ °C), что, по всей видимости, обусловлено направлением тока ирригационной жидкости.

Кроме того, было обнаружено, что после дополнительных хирургических манипуляций происходит повышение температуры содержимого витреальной полости, что по нашему мнению, обусловлено снижением поступления ирригационной жидкости внутрь глаза. Так, с увеличением времени манипуляции, нарастает и температура в витреальной полости в среднем на $0,18$ °C в минуту.

В нашей работе также было продемонстрировано наличие градиента температур между различными отделами стекловидного тела. Ожидаемо наиболее высокая исходная температура стекловидного тела была зарегистрирована в заднем его отделе ($34,17 \pm 0,36$ °C), что свидетельствует о ведущей роли хориоидеи как источника тепла в глазу человека. Эти наблюдения соответствуют результатам проведенных ранее экспериментальных исследований *in vivo* [2]. Градиент температур между различными отделами витреальной полости наблюдался в нашем исследовании как до проведения витрэктомии, так и после нее.

Выводы

1. Подтверждено существование градиента температур между передним и задним отделами стекловидного тела глаза человека. Так, при температуре окружающей среды $24,4 \pm 0,51$ °C наиболее высокая температура была зарегистрирована в заднем отделе стекловидного тела и составила $34,17 \pm 0,36$ °C.

2. После витрэктомии с применением ирригационных растворов температурой $24,2 \pm 0,52$ °C обнаружено значимое снижение температуры содержимого витреальной полости. Наиболее низкая температура после витрэктомии была зарегистрирована в переднем отделе витреальной полости $30,1 \pm 0,45$ °C. При этом наибольшее снижение температуры по сравнению с исходными показателями наблюдалось в заднем преретинальном отделе витреальной полости на $3,8 \pm 0,59$ °C.

3. Обнаружено, что после дополнительных хирургических манипуляций наблюдается повышение температуры содержимого витреальной полости, и с увеличением времени манипуляции нарастает и температура в витреальной полости (в среднем на $0,18$ °C в минуту).

4. Витреоретинальные хирургические вмешательства выполняются в условиях неконтролируемой искусственной локальной гипотермии глаза, что требует интраоперационного мониторинга внутриглазной температуры и температуры ирригационного раствора.

Литература

1. **Анатичук Л.И.** Термоэлектричний прилад для вимірювання внутрішньоочної температури / Л.И. Анатичук, Н.В. Пасечникова, О.С. Задорожний [и др.] // Термоэлектрика. – № 3. – 2015. – С. 31-40.
2. **Анатичук Л.И.** Оригинальное устройство и подходы к изучению распределения температуры в различных отделах глаза / Л.И. Анатичук, Н.В. Пасечникова, О.С.Задорожний [и др.] // Офтальмол. журн. – 2015. – №6. – С. 50-53.
3. **Задорожний О.С.** Экспериментальное исследование эпibuльбарной и интраокулярной температуры кролика в условиях гипотермии / О.С. Задорожний, Р.Э. Назаретян, В.В. Мирненко [и др.]// Офтальмология. Восточная Европа – 2018. - № 1. – С. 73-81.
4. **Alzaga A.G.** Therapeutic hypothermia / A.G. Alzaga, M. Cerdan, J. Varon // Resuscitation – 2006. – Vol.70, (3). – P.369-380.
5. **Farah M.** Dyes in Ocular Surgery: Principles for Use in Chromovitrectomy / M. Farah, M. Maia, E.B. Rodrigues // Am. J. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 48, (3). – P. 332-340.
6. **Hasumura T.** Retinal Damage by Air Infusion during Vitrectomy in Rabbit Eyes / T. Hasumura, N. Yonemura, A. Hirata [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2000. – Vol.41. – P.4300-4304.
7. **Iguchi Y.** Changes in vitreous temperature during intravitreal surgery / Y. Iguchi, T. Asami, S. Ueno [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2014. – Vol.55. – P.2344-2349.
8. **Polderman K.H.** Therapeutic hypothermia and controlled normothermia in the ICU: Practical considerations, side effects, and cooling methods / Polderman K.H., Herold I. // Critical Care Medicine. – 2009. – Vol. 37. – P. 1101-1120
9. **Postel E.A.** Long-term follow-up of iatrogenic phototoxicity / E.A. Postel, J.S. Pulido, G.A. Byrnes [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 1998. – Vol.116, (6). – P. 753-757.
10. **Rinkoff J.** Temperature-dependent light damage to the retina / J. Rinkoff, R. Machemer, T. Hida [et al.] // Am. J. Ophthalmol. – 1986. – Vol.102, (4). – P. 452-462.
11. **Romano M.R.** The effect of temperature changes in vitreoretinal surgery / M.R Romano, V. Romano, A. Mauro [et al.] // Transl. Vis. Sci. Technol. – 2016. – Vol. 5(1). – P. 1-10.
12. **Rossi T.** Ocular perfusion pressure during pars plana vitrectomy: a pilot study / T. Rossi, G. Querzoli, G. Angelini [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2014. – Vol. 55. – P.8497-8505.
13. **Saad H.** Temperature management in cardiac surgery / H. Saad, M. Aladawy // Glob. Cardiol. Sci. Pract. – 2013. – Vol.1. – P. 44-62.
14. **Tamai K.** Local hypothermia protects the retina from ischaemic injury in vitrectomy / K. Tamai, E. Toumoto, A. Majima // Brit. J. Ophthalmol. – 1997. – Vol.81, (9). – P. 789-794.
15. The Hypothermia after Cardiac Arrest Group. Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest / The Hypothermia after Cardiac Arrest Group // N. Engl. J. Med. – 2002. – Vol.346. – P. 549-556.
16. **Yenari M.A.** Neuroprotective mechanisms of hypothermia in brain ischaemia / M.A. Yenari, H.S. Han // Nat. Rev. Neurosci. – 2012. – Vol.13. – P. 267-278.
17. **Zadorozhnyy O.S.** Structure of the chorioretinal complex in the rabbit eye after vitrectomy. Report I. Vitreous cavity irrigation with different temperature solutions for 30 minutes / Zadorozhnyy O.S., Nazaretian R.E., Myrnenko V.V. [et al.]// J. Ophthalmol. (Ukraine). – 2018. – Vol.3. – P. 73-84.

Поступила 27.08.2018

Динаміка внутрішньоочної температури в процесі вітректомії

Назаретян Р.Е., Задорожний О.С., Уманець М.М., Науменко В.О., Пасечнікова Н.В., Шафранський В. В.

ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П.Філатова НАМН України»; Одеса (Україна)
Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця; Київ (Україна)

Вступ. Моніторинг параметрів процесу лікування – актуальна проблема сучасної медицини. Однак на сьогоднішній день моніторинг температури внутрішньоочних середовищ, а також іригаційних розчинів в процесі витреоретинальної хірургії, як правило, не застосовується.

Мета. Вивчити динаміку внутрішньоочної температури на різних етапах витреоретинальної хірургії.

Матеріал і методи. Під спостереженням знаходилися 20 пацієнтів (20 очей), яким виконувалася вітректомія з використанням іригаційних розчинів кімнатної температури (температура навколишнього середовища становила $24,4 \pm 0,51$ °C, температура розчину $24,2 \pm 0,52$ °C). У всіх випадках проводилося вимірювання температури в різних відділах вітреальної порожнини перед початком вітректомії, безпосередньо після вітректомії, а також після всіх додаткових хірургічних маніпуляцій.

Результати. В ході роботи було підтверджено існування градієнта температур між переднім і заднім відділами склоподібного тіла ока людини. Найбільш

висока температура, при цьому, була зареєстрована в задньому відділі скловидного тіла ($34,17 \pm 0,36$ °C). Після вітректомії було виявлено значуще зниження температури вмісту вітреальної порожнини. Найбільш низька температура після вітректомії була зареєстрована в передньому відділі вітреальної порожнини ($30,1 \pm 0,45$ °C), при чому найбільше зниження температури в порівнянні з початковими показниками спостерігалось в задньому преретинальному відділі вітреальної порожнини (на $3,8 \pm 0,59$ °C). Виявлено, що після додаткових хірургічних маніпуляцій відбувається підвищення температури вмісту вітреальної порожнини, і з збільшенням часу маніпуляції зростає і температура у вітреальній порожнині (в середньому на $0,18$ °C в хвилину).

Висновки. Вітреоретинальні хірургічні втручання виконуються в умовах неконтрольованої штучної локальної гіпотермії ока, що вимагає інтраопераційного моніторингу внутрішньоочної температури і температури іригаційного розчину.

Ключові слова: вітректомія, внутрішньоочна температура, око людини