

## **ТЕМПЕРАТУРА ЗОНЫ ТОННЕЛЬНОГО РАЗРЕЗА ПРИ КОАКСИАЛЬНОЙ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ**

**Экспериментально исследована термическая безопасность проведения традиционной коаксиальной факоэмульсификации через роговичные тоннели шириной 2,2 и 2,75 мм. Без окклюзии аспирационной линии факоэмульсификация безопасна как при использовании импульсно-модулированных, так и постоянного режимов ультразвука. При окклюзии аспирационной линии риск ожога ниже при более широком тоннеле.**

**Ключевые слова:** факоэмульсификация, роговичный тоннель, окклюзия аспирационной линии.

### **Актуальность**

Ожог тоннельного разреза роговицы является серьезным осложнением, поскольку приводит к негерметичности разреза, послеоперационному астигматизму, нарушает процессы регенерации и необратимо травмирует эндотелий роговицы [6, 12, 14, 15, 16, 20]. По разным данным [6, 9], воздействие температуры выше 44,2 °С в течение нескольких секунд достаточно для возникновения ожога на свиных глазах. В эксперименте на человеческих кадаверных глазах эта температура составляет свыше 50 °С [13]. Нагрев факоиглы выше 45 °С приводит к необратимым изменениям коллагеновых фибрилл роговицы, что внешне проявляется побелением и контрактурой зоны роговичного тоннеля, неплотным соприкосновением краев разреза [14, 18, 19]. Таким образом, данная температура принята авторами за критический параметр безопасного проведения факоэмульсификации [3, 5].

Современные импульсно-модулированные режимы ультразвука (т.н. «холодная факоэмульсификация») направлены на снижение риска развития ожога тоннеля [2, 4, 8, 10, 11, 17]. Однако не всегда их применение гарантирует безопасность в отношении ожога. Так при проведении традиционной коаксиальной факоэмульсификации, когда нет окклюзии факоиглы, ирригационный раствор циркулирует внутри иглы (аспирация) и вдоль ее внешних стенок (иригация). Это охлаждает иглу во время работы ультразвука. При полной окклюзии факоиглы с силиконовой манжетой поток жидкости внутри нее прекращается и теплоотведение нагретой факоиглы осуществляется только за счет утечки ирригационной жидкости через разрез [1].

Основной причиной термического повреждения может явиться несоответствие размеров рабочей части ультразвукового инструмента и ширины роговичного тоннеля [7, 21]. В этой связи нам представляется актуальным изучение динамики изменения температуры в роговичных тоннелях разной ширины при изменениях условий ирригации-аспирации.

### **Цель исследования**

Провести сравнительный анализ динамических изменений температуры в зоне роговичного тоннеля при ультразвуковой факоэмульсификации *in vitro* через разрезы 2,2 и 2,75 мм.

### **Материал и методы**

Эксперименты проводились на 8 свежих сепаратных свиных глазах, каждый глаз был зафиксирован в глазодержателе. Тоннельные разрезы выполнялись факоножами «Optimed» 2,2 и 2,75 мм.

Мы использовали офтальмохирургическую систему «Optimed Profi», два режима ультразвука: импульсно-модулированный burst-1 (длительность импульса 50 мс, коэффициент заполнения 50%) и непрерывный, значения мощности (P) 50 и 100% для каждого режима. Внешний диаметр факоиглы – 1,2 мм, внутренний диаметр – 0,9 мм, внешний диаметр силиконового рукавчика – 1,6 мм, внутренний – 1,53 мм.

Для каждой ширины тоннеля проводилась серия, состоявшая из 4 термометрических экспериментов: первый – с использованием режима burst-1 мощностью 50%; второй – burst-1, мощность 100%; третий – постоянный режим мощностью 50%; четвертый – постоянный режим ультразвука мощностью 100%. Первые 10 секунд

факосистема работала в режиме ирригации-аспирации, 30 секунд в режиме ирригация-аспирация-ультразвук, 30 секунд – ирригация-аспирация-ультразвук с окклюзией аспирационной линии и 30 секунд в режиме ирригация-аспирация-ультразвук с одновременной окклюзией аспирационной и ирригационной магистралей.

Измерение температуры осуществлялось с использованием малоинерционного вольфрамового термометрического элемента ЭТВ-1 (ширина 0,8 мм, длина 6,0 мм), подсоединенного к системе преобразователя и регистратора температуры. Принцип работы основан на регистрации изменений сопротивления датчика при изменении окружающей температуры. Показания температуры регистрировались ежесекундно.

На меридиане 9 часов факонжом мы выполняли основной тоннель. Для размещения термодатчика выполняли дополнительный тоннель перпендикулярно основному и над ним. На меридиане 2 часов выполняли парацентез шириной 1,6 мм, переднюю камеру наполняли вискоэластиком «Optimed». Гидродинамические параметры экспериментальной факоэмульсификации: скорость аспирационного потока – 28 мл/мин, предел вакуума – 250 мм рт.ст., высота емкости с ирригационным раствором – 110 см над уровнем глаза.

Под контролем микроскопа в переднюю камеру параллельно радужке вводили ультразвуковой инструмент и располагали его по центру зрачка между роговицей и передней капсулой хрусталика. Мы намеренно отказались от факоэмульсификации, чтобы исключить случайные изменения условий аспирации. В тоннеле факоиглу располагали в непосредственной близости от термодатчика с целью регистрации

температуры, максимально соответствующей температуре в месте контакта ткани роговицы и ультразвукового инструмента.

### Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных показал, что в условиях, приближенных к клиническим (ультразвук + ирригация + аспирация), критическая в отношении ожога роговицы температура не была достигнута ни в одном опыте. Максимальная зафиксированная температура в зоне тоннеля, выполненного факонжом 2,2 мм, составила 40,9 °С (постоянный режим ультразвука, P=50%); в зоне тоннеля, выполненного ножом 2,75 мм, – 37,7 °С (постоянный режим ультразвука, P=100%). В подавляющем большинстве случаев достижение 45 °С происходило после создания окклюзии аспирационной магистралей, лишь в одном случае (тоннель 2,75 мм, импульсный режим ультразвука, мощность 50%) для этого понадобилась окклюзия и аспирационной, и ирригационной магистралей.

Следует отметить, что во время наших опытов видимые признаки ожога зоны роговичного тоннеля, такие как побеление и контрактура, наблюдались при температуре свыше 50 °С.

Наиболее значимым в клиническом аспекте, на наш взгляд, является время от момента изменений условий ирригации-аспирации до достижения температуры, при которой возникает риск ожога роговичного тоннеля (таблица 1).

В равных условиях при использовании факонжа 2,2 мм температура 45 °С достигалась быстрее, чем при использовании факонжа 2,75 мм. По нашему мнению, большая термическая безопасность разреза 2,75 мм в этом слу-

Таблица 1. Время, необходимое для достижения критической в отношении ожога тоннеля температуры 45 °С при выполнении ультразвуковой факоэмульсификации через разрезы 2,2 и 2,75 мм

Ширина основного тоннеля роговицы	Режим и мощность ультразвука	Этап, на котором достигнута критическая температура	Время (сек.)
2,2 мм	Импульсный режим, P=50%	Окклюзия аспирационной магистралей	10
	Импульсный режим, P=100%	Окклюзия аспирационной магистралей	5
	Постоянный режим, P=50%	Окклюзия аспирационной магистралей	3
	Постоянный режим, P=100%	Окклюзия аспирационной магистралей	3
2,75 мм	Импульсный режим, P=50%	Окклюзия обеих магистралей	16
	Импульсный режим, P=100%	Окклюзия аспирационной магистралей	20
	Постоянный режим, P=50%	Окклюзия аспирационной магистралей	10
	Постоянный режим, P=100%	Окклюзия аспирационной магистралей	10

чае объясняется наличием достаточного теплоотведения при утечке ирригационной жидкости вследствие менее плотного прилегания факоиглы к краям разреза.

### **Заключение**

Традиционная коаксиальная факоэмульсификация через разрезы 2,2 и 2,75 мм безо-

пасна в отношении термических повреждений тоннеля роговицы как при использовании импульсно-модулированных, так и постоянного режимов ультразвука. В случае возникновения длительной (более 3 секунд) окклюзии аспирационной магистрали при работающем ультразвуке риск возникновения ожога ниже при более широком тоннеле.

### **Список использованной литературы:**

1. Азнабаев Б.М. Ультразвуковая хирургия катаракты – факоэмульсификация. М.: Август Борг, 2005. – 136 с.
2. Азнабаев Б.М., Мухаммадиев Т.Р., Рамазанов В.Н. Исследование температуры роговичного тоннеля при бимануальной факоэмульсификации // Материалы XIII научно-практической конференции офтальмологов. Екатеринбург: Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», 2006. – С. 10-11.
3. Арун Кумар Г.Л., Сивагнанам С., Содкрстром К. Анализ термического изображения применения ультразвуковой энергии при операциях факоэмульсификации и бимануальной факонит // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2005: Сб. науч. статей ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза». – М., 2005. – С. 45-48.
4. Мухаммадиев Т.Р. Медико-технологическая система факоэмульсификации с модулированным ультразвуком: Дисс. ... канд. мед. наук – Уфа, 2006. – 141 с.
5. Ульянов А.Н., Лаптев Б.В., Чашин Г.В. Оптимизация параметров микроинвазивной факоэмульсификации // Съезд офтальмологов России, 8-й (1-4 июня 2005 г.): Тез. докл.– М.: Издательский центр МНТК «Микрохирургия глаза», 2005. – С. 623-624.
6. Bissen-Miyajima H., Shimmura S., Tsubota K. Thermal effect on corneal incisions with different phacoemulsification ultrasonic tips // J. Cataract Refract. Surg. – 1999. – Vol. 25. – P. 60-64.
7. Braga-Mele R., Liu E. Feasibility of sleeveless bimanual phacoemulsification with Millennium microsurgical system // J. Cataract Refract. Surg. – 2003. – Vol. 29. – P. 2199-2203.
8. Brinton J.P., Adams W., Kumar R. et al. Comparison of thermal features associated with 2 phacoemulsification machines // J. Cataract Refract. Surg. – 2006. – Vol. 32. – P. 288 – 293.
9. Ernest P., Rhem M., McDermott M., et al. Phacoemulsification conditions resulting in thermal wound injury // J. Cataract Refract. Surg. – 2001. – Vol. 27. – P. 1829-1839.
10. Fine H.I., Packer M., Hoffman R.S. Power modulations in new phacoemulsification technology: Improved outcomes // J. Cataract Refract. Surg. – 2004. – Vol. 30. – P. 1014-1019.
11. Fine H.I., Packer M., Hoffman R.S. New phacoemulsification technologies // J. Cataract Refract. Surg. – 2002. – Vol. 28. – P.1054-1060.
12. Khodabakhsh A.J., Zaidman G., Tabin G. Corneal surgery for severe phacoemulsification burns // Ophthalmology. – 2004. – Vol. 111(2). – P. 332-334.
13. Olson M.D., Miller K.M. In-air thermal imaging comparison of Legacy AdvanTec, Millennium, and Sovereign WhiteStar phacoemulsification systems // J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – Vol. 31. – P. 1640-1647.
14. Osher R.H. Shark fin: a new sign of thermal injury // J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – Vol. 31. – P. 640-642.
15. Osher R.H., Injev V.P. Thermal study of bare tips with various system parameters and incision sizes // J. Cataract Refract. Surg. – 2006. – Vol. 32. – N. 5. – P. 867-872.
16. Panzardi G. The use of thermography for temperature analysis during phacoemulsification. In: Buratto L., Werner L., Zanini M., Apple D., eds, Phacoemulsification Principles and Techniques, 2nd ed. – Thorofare, NJ, Slack, 2003. – P. 255-258.
17. Payne M., Waite A., Olson R.J. Thermal inertia associated with ultrapulse technology in phacoemulsification // J. Cataract Refract. Surg. – 2006. – Vol. 32. – P. 1032-1034.
18. Soscia W., Howard J.G., Olson R.J. Bimanual phacoemulsification through 2 stab incisions. A wound temperature study // J. Cataract Refract. Surg. – 2002. – Vol. 28. – P. 1039-1043.
19. Soscia W., Howard J.G., Olson R.J. Microphacoemulsification with WhiteStar. A wound temperature study // J. Cataract Refract. Surg. – 2002. – Vol. 28. – P. 1044-1046.
20. Sugar A., Schertzer R.M. Clinical course of phacoemulsification wound burns // J. Cataract Refract. Surg. – 1999. – Vol. 25. – P. 688-692.
21. Tsuneoka H., Shiba T., Takahashi Y. Feasibility of ultrasound cataract surgery with a 1.4 mm incision // J. Cataract Refract. Surg. – 2001. – Vol. 27. – P. 934-940.