УДК 616.285-085.837.3

<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-1-51-55>

Ультрафонофорез барабанной полости при сохранении целостности тимпанальной мембраны

С. Ю. Кротов¹, Ю. Т. Игнатьев¹, Ю. А. Кротов¹¹ Омский государственный медицинский университет,
Омск, 644099, Россия

Tympanic cavity ultraphonophoresis in cases of preserving integrity of tympanic membrane

S. Yu. Krotov¹, Yu. T. Ignat'ev¹, Yu. A. Krotov¹¹ Omsk State Medical University,
Omsk, 644099, Russia

Одним из наиболее распространенных методов лечения патологии среднего уха является введение медикаментозных средств в барабанную полость через слуховой проход. Он хорошо зарекомендовал себя при перфоративных формах отитов. В случаях же сохранения целостности тимпанальной мембраны его эффективность проблематична ввиду невозможности прямого проникновения препарата через перепонку и контакта со слизистой оболочкой. Для повышения проницаемости барабанной перепонки авторы использовали эндауральный фонофорез лекарственных средств. Их проникновение в барабанную полость подтверждено МСКТ височных костей до и после ультрафонофореза с контрастированием тканей. В качестве рентген-контрастного вещества использовались йодсодержащий медицинский препарат 5% раствор йодистого калия, а также раствор дексаметазона, служившие промежуточной средой у пациентов с наружным отитом и хронической формой экссудативного среднего отита. Механизм проникновения вещества связан с первичным накоплением препарата в слоях тимпанальной мембраны и прилежащей к ней слизистой оболочке с последующим распространением в более глубокие отделы барабанной полости. Дополнительным подтверждением этому служат реакции слизистой оболочки барабанной полости, сосцевидного отростка и восстановление их воздушности при эндауральном ультрафонофорезе дексаметазона. Ультрафонофорез лекарственных препаратов через неперфорированную барабанную перепонку может быть использован при консервативном лечении затянувшихся форм экссудативного среднего отита.

Ключевые слова: тимпанальная мембрана, эндауральный ультрафонофорез, МСКТ височных костей, барабанная полость, 5% раствор йодистого калия, дексаметазон.

Для цитирования: Кротов С. Ю., Игнатьев Ю. Т. Кротов Ю. А. Ультрафонофорез барабанной полости при сохранении целостности тимпанальной мембраны. *Российская оториноларингология*. 2021;20(1):51–55. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-1-51-55>

One of the most common treatments for the middle ear disorders is the injection of medications into the tympanic cavity through the acoustic meatus. This method has proven itself in treatment of the perforated forms of otitis. In cases of preserving the integrity of the tympanic membrane, its efficacy is arguable due to the impossibility of drug direct penetration via the membrane and contact with the mucous membrane. To increase the permeability of the tympanum, the authors used endaural phonophoresis of drugs. The drug penetration into the tympanum was confirmed by multispiral computed tomography (MSCT) of the temporal bones before and after contrasted ultraphonophoresis with tissue contrast. A 5% solution of potassium iodide was used as a contrast substance, as well as a solution of dexamethasone, which served as an intermediate medium in patients with external otitis and a chronic secretory otitis media. The mechanism of penetration was associated with the primary accumulation of the drug in the layers of the tympanic and adjacent mucous membranes with further dissemination into the deeper parts of the tympanic cavity. An additional confirmation of this is the reaction of the mucous membrane of the tympanic cavity, the mastoid process and the airiness restoration during endaural phonophoresis with dexamethasone. Ultraphonophoresis of drugs through the imperforated eardrum can be used in the conservative treatment of protracted forms of secretory otitis media.

Keywords: tympanic membrane, endaural phonophoresis, MSCT of the temporal bones, tympanic cavity, 5% potassium iodide solution, dexamethasone.

For citation: Krotov S. Yu., Ignat'ev Yu. T. Krotov Yu. A. Tympanic cavity ultraphonophoresis in cases of preserving integrity of tympanic membrane. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2021;20(1):51-55. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-1-51-55>

Введение

Эндауральное введение лекарственных препаратов является одним из часто используемых методов лечения патологии среднего уха. Его эффективность во многом связана с непосредственным контактом медикамента и патологически измененных тканей барабанной полости, а также слизистой оболочки слуховой трубы в результате проникновения в нее лекарства по ходу движения реснитчатого эпителия из гипотимпанума в сторону носоглотки. Данный способ доставки лекарств в среднее ухо хорошо зарекомендовал себя и много лет используется при консервативном лечении перфоративной стадии острого и туботимпанальной формы хронического гнойного среднего отита, где входными воротами для проникновения препаратов является наличие дефекта барабанной перепонки, через который они из слухового прохода легко распространяются в барабанную полость и другие узкие пространства височной кости [1]. Однако в тех случаях, когда патологический процесс в среднем ухе протекает с сохранением целостности барабанной перепонки, этого не происходит, так как она является естественной преградой, отделяющей барабанную полость от слухового прохода.

В настоящее время повышение уровня проницаемости сохраненной тимпанальной мембраны при эндауральном введении через нее медикаментозных средств главным образом достигается посредством физиотерапевтических методик, среди которых превалирует электрофорез (ионофорез), где молекулы лекарственного вещества с помощью постоянного или переменного электрического тока переводятся в ионизированное состояние и перемещаются в необходимую зону. Для этого электродом-турундой, смоченной лекарственным веществом, заполняют слуховой проход и рельеф ушной раковины. Поверх него накладывают гидрофильную прокладку и токопроводящую пластинку. Второй электрод размещен на затылочной области или полости носа. Полярность электродов определяется составом вводимого вещества [2].

При применении эндаурального электрофореза необходимо помнить, что далеко не каждое фармацевтическое средство способно быть полезным для тканей среднего уха в виде ионов, более того, при длительном электролизе препараты могут терять свои терапевтические свойства и даже вызывать дополнительную сенсебилизацию в форме отека и набухания мукопериоста барабанной полости [2, 3].

В качестве альтернативы электрофорезу некоторые авторы для эндаурального введения лекарственных препаратов в барабанную полость через неповрежденную барабанную перепонку используют фонофоретические свойства низкочастотного ультразвука [4, 5]. С помощью ультрафонофореза вводят глюкокортикоидные гормоны, анальгетики, антибиотики, спазмолитики, препараты фибринолитического и сосудорегулирующего действия, указывая при этом на чресклеточный и межклеточный путь проникновения [6, 7].

Проанализировав научную литературу по эндауральному введению медикаментов в полость среднего уха при сохраненной барабанной перепонке, следует отметить, что ни один из авторов не приводит объективных данных, подтверждающих наличие проникновения или реакцию тканей барабанной полости на вводимый препарат.

Этот недостаток мы решили восполнить применительно к эндауральному фонофорезу.

Цель исследования

Объективное подтверждение механизма проникновения лекарственных веществ в барабанную полость среднего уха через неповрежденную барабанную перепонку и реакции слизистой оболочки барабанной полости на эндауральный ультрафонофорез.

Пациенты и методы исследования

Для подтверждения проникновения лекарственного препарата через неповрежденную барабанную перепонку применена методика мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) височных костей с элементами контрастирования тканей. Исследование выполнялось на мультиспиральном компьютерном томографе Brilliance 6 фирмы Phillips. Для получения высококачественных изображений сканирование выполнялось с коллимацией среза в 0,8 мм при силе тока в 250 mAs при напряжении 120 kV. В качестве рентген-контрастного вещества использовался йод, содержащий медицинский препарат, 5% раствор йодистого калия, входящий в перечень препаратов, разрешенных в оториноларингологии для купирования патологических процессов в ухе. Рентгеноконтрастность йодистого калия определена при рентгенографии его в многоячеистом контейнере на цифровом аппарате ПроГраф 7000. В 11 ячеек контейнера наливался различный объем йодистого калия толщиной от 0,4 до 1,5 см, за-

Рис. 1. Рентгенограмма мелкоячеистого контейнера с заполнением ячеек различным количеством 5% раствора йодистого калия

Fig. 1. X-ray picture of a fine-mesh container with filling the cells with different amounts of 5% potassium iodide solution

крывавший дно ячейки. Контрастирование было во всех емкостях. Его степень зависела от толщины просвечиваемого слоя, что соответствует количеству йодсодержащего вещества (рис. 1).

Для выявления рентгеноконтрастности йодистого калия со стороны барабанной полости, МСКТ височных костей выполнялись перед и после эндаурального ультрафонофореза.

В качестве объекта исследования представлен пациентка Я., 25 лет.

Диагноз: «двухсторонний диффузный наружный отит», который после 7 дней консервативного лечения полностью купировался. При стандартном оториноларингологическом обследовании (отомикроскопия, тональная пороговая аудиометрия, тимпанометрия, МСКТ височных костей) патологии не выявлено.

Через сутки после окончания консервативного лечения пациентке проведен однократный эндауральный ультрафонофорез 5% раствора йодистого калия, который в количестве 1,5 мл заливался в слуховой проход. Для озвучивания использовался ультразвуковой волновод с прямым торцом диаметром сечения 5 мм, который размещался в слуховом проходе на расстоянии 1,0–1,5 см от барабанной перепонки. Длительность озвучивания составляла 60 секунд. В качестве источника ультразвука использовался серийный ультразвуковой генератор, входящий в комплект «Тонзилор-М», настроенный на резонансную частоту 25–26 кГц, амплитудой колебания излучающего волновода инструмента 40–50 мкм. После ультразвукового воздействия остатки контрастного вещества тщательно удалялись из слухового прохода путем промывания его физиологическим раствором и эвакуацией жидкости при помощи вакуумного электроотсоса. Контрольное высушивание барабанной перепонки осуществлялось прикосновением к ней сухим ватным шариком. Далее, для визуализации рентген-контрастного препарата в полостях среднего уха, проводилась

контрольная МСКТ барабанной полости, предварительно получив на это исследование информированное добровольное согласие пациента.

Для выявления реакции слизистой оболочки барабанной полости представлен пациент С., 36 лет, с диагнозом: «левосторонний хронический экссудативный средний отит», который длится в течение 9 месяцев. Несмотря на неоднократно проводимые курсы традиционного консервативного лечения, у больного сохранялось снижение функции слуха, имела место тимпанограмма типа В. Пациенту выполнено 7 сеансов эндаурального ультрафонофореза с раствором дексаметазона. МСКТ височной кости проведено до лечения и после 7-й процедуры. Параметры озвучивания полностью соответствовали таковым в предыдущем случае, не влияли на молекулярную массу и терапевтические свойства препарата [3].

Результаты исследования

Результаты исследования оценивались по сравнению данных МСКТ до и после ультразвукового воздействия. Основным критерием была оценка состояния барабанной перепонки и сли-

Рис. 2. МСКТ пирамиды левой височной кости пациентки Я., 25 лет, до начала (а) и после однократного эндаурального ультрафонофореза с 5% раствором йодистого калия (б). После проведенного ультрафонофореза отмечается более контрастное изображение барабанной перепонки на фоне пропитывания ее йодистым калием. Толщина перепонки увеличивается в 2–3 раза при контрастировании слизистой оболочки гипотимпанума:

1 – барабанная перепонка до начала лечения; 2 – барабанная перепонка после однократного эндаурального ультрафонофореза с 5% раствором йодистого калия

Fig. 2. MSCT of the pyramid of the left temporal bone of patient Ya., 25 years old before (a) and after a single endaural phonophoresis with 5% potassium iodide solution (b). After ultraphonophoresis, a more contrasting image of the tympanic membrane is noted against the background of its impregnation with potassium iodide. The thickness of the membrane increases by 2–3 times when contrasting the mucous membrane of the hypotympanum:

1 – tympanic membrane before treatment; 2 – tympanic membrane after a single endaural phonophoresis with 5% potassium iodide solution

Рис. 3. МСКТ пирамиды правой височной кости пациентки С., 36 лет, до начала проведения (а) и после эндаурального ультрафонофореза дексаметазоном (б): а – выраженная инфильтративная отечность слизистой оболочки, рубцовые изменения в области среднего уха (барабанная полость облитерирована рубцовой тканью); б – отмечается значительное уменьшение рубцовых изменений в области среднего уха, снижение уровня инфильтрации слизистой оболочки, восстановление воздушности барабанной полости:

1 – барабанная полость до начала лечения; 2 – барабанная полость после проведения курса эндаурального фонофореза дексаметазоном

Fig. 3. MSCT of the pyramid of the right temporal bone of patient S., 36 years old, before (a) and after endaural phonophoresis with dexamethasone (b): a – pronounced infiltrative edema of the mucous membrane, cicatricial changes in the middle ear (the tympanic cavity is obliterated by scar tissue); b – there is a significant decrease in cicatricial changes in the middle ear, a decrease in the level of mucous membrane infiltration, restoration of the airiness of the tympanic cavity:

1 – tympanic cavity before treatment; 2 – the tympanic cavity after course of endaural phonophoresis with dexamethasone

зистой оболочки барабанной полости до и после эндаурального ультрафонофореза. Полученные данные после озвучивания с 5% раствором йодистого калия (контрастное вещество) и дексаметазоном (рис. 2–4) приводятся в форме компьютерных томограмм.

Выводы

МСКТ пирамиды височных костей с элементами контрастирования достоверно подтвержда-

Рис. 4. МСКТ сосцевидного отростка пациентки С., 36 лет до начала проведения (а) и после эндаурального ультрафонофореза дексаметазона (б): а – выраженная инфильтративная отечность клеточной системы сосцевидного отростка; б – значительное уменьшение инфильтрации слизистой оболочки, восстановление воздушности клеточной системы сосцевидного отростка

Fig. 4. MSCT of the mastoid process of patient S., 36 years old before (a) and after endaural ultraphonophoresis of dexamethasone (b): a – pronounced infiltrative edema of the mastoid cell system; b – a significant decrease in mucosal infiltration, restoration of airiness of the mastoid cell system

ет возможность проникновения лекарственных препаратов в барабанную полость среднего уха через неповрежденную барабанную перепонку при эндауральном ультрафонофорезе. Механизм проникновения вещества связан с первичным накоплением его в слоях тимпанальной мембраны и прилежащей к ней слизистой оболочке с последующим распространением в более глубокие отделы барабанной полости.

Дополнительным подтверждением этого служат реакция слизистой оболочки барабанной полости, сосцевидного отростка и восстановление их воздушности при эндауральном ультрафонофорезе дексаметазона.

Ультрафонофорез лекарственных препаратов через неперфорированную барабанную перепонку может быть использован при консервативном лечении затянувшихся форм экссудативного среднего отита.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишенкин Н. В., Драчук А. И., Папулов В. Г. Низкочастотная ультразвуковая терапия и хирургия в оториноларингологии. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. 196 с.
2. Цыганков А. И., Мартынюк Л. А., Колотило Н. Н. Справочник по физиотерапии болезней уха, горла и носа. Киев: Здоров'я, 1981. 208 с.
3. Кротов С. Ю., Кротов Ю. А., Дроздов В. А., Талзи В. П. Определение изменений устойчивости молекулярного химического состава лекарственных препаратов, используемых при низкочастотной ультразвуковой терапии в оториноларингологии. *Российская оториноларингология*. 2019;18(6):31–36. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-6-31-36>
4. Щербик Н. В., Конушкин В. А., Староха А. В., Литвак М. М. Сравнительная оценка эффективности ультразвуковой терапии в консервативном лечении экссудативного среднего отита у детей. *Российская оториноларингология*. 2014;2:111–116. <https://entru.org/2014-2.html>
5. Кротов С. Ю., Кротов Ю. А., Путаева И. Н. Регионарная лимфотропная терапия острого среднего отита с использованием низкочастотного ультразвука. *Российская оториноларингология*. 2013;3:89–93. <https://entru.org/2013-3.html>

6. Davick J. P., Martin R. K., Albright J. P. Distribution and deposition of tritiated cortisol using phonophoresis. *Phys Ther.* 1988; 68(11): 1672–5.
7. Amanda R. Kuntz, Christine M. Griffiths, James M. Rankin, Charles W Armstrong, Thomas J. McLoughlin. Cortisol concentrations in human skeletal muscle tissue after phonophoresis with 10% hydrocortisone gel. *Journal of Athletic Training.* 2006;41(3): 321-324

REFERENCES

1. Mishenkin N. V., Drachuk A. I., Papulov V. G. *Nizkochastotnaya ul'trazvukovaya terapiya i khirurgiya v otorinolaringologii.* Novosibirsk: Izd-vo Novosib. un-ta, 1992. 196 p. (In Russ.)
2. Tsygankov A. I., Martynyuk L. A., Kolotilov N. N. *Spravochnik po fizioterapii boleznei ukha, gorla i nosa.* Kiev. Zdorov'ya, 1981. 208 p. (In Russ.)
3. Krotov S. Yu., Krotov Yu. A., Drozdov V. A., Talzi V. P. The detection of changes in the stability of molecular chemical composition of medical preparations used in low-frequency ultrasonic therapy in otorhinolaryngology. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2019;18(6):31–36. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-6-31-36>.
4. Shcherbik N. V., Konushkin V. A., Starokha A. V., Litvak M. M. Comparative evaluation of the effectiveness of ultrasound therapy in the conservative treatment of exudative otitis media in children. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2014;2:111–116 (in Russ.). <https://entru.org/2014-2.html>
5. Krotov S. Yu., Krotov Yu. A., Putalova I. N. Regional lymphotropic therapy of acute otitis media using low-frequency ultrasound. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2013;3:89–93. (in Russ.). <http://entru.org/en/2013-3.html>
6. Davick J. P., Martin R. K., Albright J. P. Distribution and deposition of tritiated cortisol using phonophoresis. *Phys Ther.* 1988; 68(11): 1672–5
7. Amanda R. Kuntz, Christine M. Griffiths, James M. Rankin, Charles W Armstrong, Thomas J. McLoughlin. Cortisol concentrations in human skeletal muscle tissue after phonophoresis with 10% hydrocortisone gel. *Journal of Athletic Training.* 2006;41(3): 321-324

Информация об авторах

✉ **Кротов Сергей Юрьевич** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии, Омский государственный медицинский университет (Россия, 644099, Омск, ул. Ленина, д. 12); тел.: +7 (3812) 35-91-63 e-mail: krtvs@mail.ru

Игнатьев Юрий Тимофеевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, Омский государственный медицинский университет (Россия, 644099, Омск, ул. Ленина, д. 12); тел.: +7 (3812) 35-93-24; e-mail: ogma.ray@rambler.ru

Кротов Юрий Александрович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии, Омский государственный медицинский университет (Россия, 644099, Омск, ул. Ленина, д. 12); тел.: +7(903) 926-44-28, e-mail: profkrotov@mail.ru

Information about the authors

✉ **Sergei Yu. Krotov** – MD Candidate, associate Professor of the Chair of Otorhinolaryngology, Omsk State Medical University (12, Lenina str., Russia, Omsk, 644099); phone: +7 (3812) 35-91-63, e-mail: krtvs@mail.ru

Yurii T. Ignat'ev – MD, Professor, Department of Radiation Diagnostics, Omsk State Medical University (12, Lenina str., Russia, Omsk, 644099); phone: +7 (3812) 35-93-24; e-mail: ogma.ray@rambler.ru

Yurii A. Krotov – MD, Professor, Head of the Chair of Otorhinolaryngology, Omsk State Medical University (12, Lenina str., Russia, Omsk, 644099); phone: +7 (903) 926-44-28, e-mail: profkrotov@mail.ru