

- Губкин А. Н. 1987. Электреты. М.: Наука. 192 с. (*Gubkin A. N. 1987. Electrets. Moscow: Nauka. 192 p.*)
- Игнатъев В. К., Марусенко И. М., Везикова Н. Н., Варга О. Ю. 2003. Остеоартроз. Петрозаводск: ПетрГУ. 88 с. (*Ignatiev V. K., Marusenko I. M., Vezikova N. N., Varga O. Ju. 2003. Osteoarthritis. Petrozavodsk: Petrozavodsk State Univ. 88 p.*)
- Копышев М. А. 2006. Применение электретов в медицине. СПб.: Научно-производственная фирма ЭЛИМЕТ. 121 с. (*Kopyshchev M. A. 2006. The use of electrets in medicine. St. Petersburg: Research and production company ELMET. 121 p.*)
- Линник С. А., Хомутов В. П. 2017. Исследование эффективности электростатического поля в лечении остеоартроза. РМЖ Мед. обзор. 1 : 2—5. (*Linnik S. A., Khomutov V. P. 2017. Study of the effectiveness of the electrostatic field in the treatment of osteoarthritis. Medreview RMJ. 1 : 2—5.*)
- Макаревич А. В., Пинчук Л. С., Гольдаде В. А. 1998. Электрические поля и электроактивные материалы в биологии и медицине. Гомель: ИММС НАНБ. 106 с. (*Makarevich A. V., Pinchuk L. S., Goldade V. A. 1998. Electric fields and electroactive materials in biology and medicine. Gomel: Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems of the NAS of Belarus. 106 p.*)
- Моргунов М. С., Нетупский И. В., Орлов В. М., Хомутов В. П. 2012. Имплантаты с электретным покрытием из анодного оксида тантала и полимера. Материаловедение. 7 : 26—30. (*Morgunov M. S., Netupskiy I. V., Orlov V. M., Khomutov V. P. 2012. Implants with electret coating from anodic tantalum oxide and polymer. Material Science. 7 : 26—30.*)
- Моргунов М. С., Хомутов В. П. 2013. Способ лечения артрозов, остеонекрозов и других видов артропатий и устройства для его осуществления. Патент РФ № 2563107, дата приоритета 21.11.2013, патентообладатель ООО «Медэл». (*Morgunov M. S., Khomutov V. P. 2013. Method for treatment of arthrosis, osteonecrosis and other forms of arthropathy and device for its implementation. RF patent RU 2563107, priority date is 21.11.2013; LLC Medel is a right holder.*)
- Нелин Н. И., Хомутов В. П., Моргунов М. С. 2017. Особенности электрогенеза при асептическом некрозе головки бедренной кости в эксперименте. В кн.: Актуальные вопросы травматологии-ортопедии Сибири и Дальнего Востока. М.: Эко-Пресс 111—117. (*Nelin N. I., Khomutov V. P., Morgunov M. S. 2017. Features of electrogenesis in aseptic necrosis of the femur head in the experiment. In: Topical issues of traumatology and orthopedics in Siberia and the Far East. Moscow: Eco-Press. 111—117.*)
- Руцкий В. В., Хомутов В. П., Моргунов М. С. 1988. Особенности остеорепарации при накостном остеосинтезе с использованием электретов. Ортопедия. Травматология и протезирование. 12 : 1—6. (*Rutskiy V. V., Khomutov V. P., Morgunov M. S. 1988. Features of osteoreparation in external fixation using electrets. Orthopedics. Traumatol. Prosth. 12 : 1—6.*)
- Сесслер Г. (Ред.). 1983. Электреты. М.: Мир. 487 с. (*Sessler G. (Ed.). 1983. Electrets. Moscow: Mir. 487 p.*)
- Ткаченко С. С., Руцкий В. В. 1989. Электростимуляция остеорепарации. Л.: Медицина. 207 с. (*Tkachenko S. S., Rutskiy V. V. 1989. Electrostimulation of osteoreparation. Leningrad: Medicine. 207 p.*)
- Хомутов В. П., Быстров Ю. А., Василевич С. В., Корецкий В. Н. 2005. Применение электретов в медицине. В кн.: Эволюция остеосинтеза. СПб.: МОРСАР АВ. 135—151. (*Khomutov V. P., Bystrov Yu. A., Vasilevich S. V., Koretskiy V. N. 2005. The use of electrets in medicine. In: Evolution of osteosynthesis. St. Petersburg: MORSAR AV. 135—151.*)
- Хомутов В. П., Ласка В. Л. 1997. Технология ВПК в хирургии костей. Петербургский журнал электроники. 2 (15) : 3—9. (*Khomutov V. P., Laska V. L. 1997. Defense industry technology in bone surgery. St. Petersburg Journal of Electronics. 2 (15) : 3—9.*)
- Дену Р. А., Немчек С., Блум Д. Д., Гудрич А. Д., Ким Дж., Мосер Д. Ф., Хематти П. 2016. Fibroblasts and mesenchymal stromal/stem cells are phenotypically indistinguishable. *Acta Haematol.* 136 : 85—97.
- Хаусчка П. В., Лиан Дж. В., Коул Д. Е., Гундберг С. М. 1989. Osteocalcin and matrix-Gla-protein: vitamin K-dependent proteins in bone. *Physiol. Rev.* 69 : 990—1047.
- Хуа Дж., Эн-тан Г. 1996. Effect of postoperative treatment with a combination of chuangxiong and electret on functional recovery of muscle grafts: an experimental study in the dog. *Plast Reconstr. Surg.* 98 : 851—855.
- Левин М., Мартынюк С. Дж. 2018. The bioelectric code: an ancient computational medium for dynamic control of growth and form. *BioSystems.* 164 : 76—93.
- Лоесер Р. Ф., Голдринг С. Р., Сканзелло С. Р., Голдринг М. В. 2012. Osteoarthritis: a disease of the joint as an organ. *Arthritis Rheum.* 64 : 1697—1707.
- Лорис Р. Дж., Луйтен Ф. П. 2011. The bone-cartilage unit in osteoarthritis. *Nat. Rev. Rheumatol.* 7 : 43—49. DOI: 10.1038/nrrheum.2010.197.
- Питтенгер М. Ф., Мбалавие Г., Блэк М., Моска Дж. Д., Маршак Д. Р. 2001. Mesenchymal stem cells. In: *Koller M. R., Pals-son B. O., Masters J. R. W. (Eds.). 2001. Human cell culture. The Netherlands Kluwer: Acad. Publ.* 5 : 189—207.
- Юан Х. Л., Мэнг Х. Я., Ванг Я. С., Пенг Дж., Гуо Дж. Я., Ванг А. Я., Лу С. В. 2014. Bonecartilage interface crosstalk in osteoarthritis: potential pathways and future therapeutic strategies. *Osteoarth. Cartilage.* 22 : 1077e1089. Doi: 10.1016/j.joca.2014.05.023.

Поступила 10 V 2018

INFLUENCE OF THE ANODE TANTAL OXIDE ELECTRET ELECTRIC FIELD
ON THE BONE MARROW STROMAL CELLS DIFFERENTIAL PROPERTIES
FROM A PATIENT WITH OSTEOARTHROSIS

S. A. Aleksandrova,^{1,*} O. I. Aleksandrova,¹ V. P. Khomutov,²
M. S. Morgunov,² M. I. Blinova¹

¹ Institute of Cytology RAS, St. Petersburg, 194064, and

² LLC «Medel», St. Petersburg, 194044;

* e-mail: alekssvet2205@gmail.com

The ability of the bone marrow multipotent mesenchymal stromal cells (MMSCs) of a patient with osteoarthritis to differentiate in the osteogenic and chondrogenic directions under the influence of an electric field of an electret created on the surface of an anodic tantalum oxide was investigated. It is shown that in the presence of samples with anodic oxide in the electret state in the MMSCs the processes of synthesis of protein-differentiation markers are intensified. In the process of osteogenic differentiation of MMSCs, osteocalcin expression

was significantly enhanced. In the process of chondrogenic differentiation — formation of spheroids, amplification of aggrecan and type II collagen expression was observed. These signs were most pronounced when exposed to cells of electret specimens with a charge distribution on the surface close to linear.

Key words: electrets, osteoarthritis, multipotent mesenchymal stromal cells, chondrogenic differentiation, osteogenic differentiation
