

## ABSTRACT&amp;REFERENCES

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.354912

**RESEARCH OF BIOLOGICAL, POPULATION, BIOTECHNOLOGICAL, TOXICOLOGICAL AND PHARMACOLOGICAL ASPECTS RELATED TO THE RISKS OF THE IMPACT OF COMMON EXOGENIC SUBSTANCES ON THE HUMAN ORGANISM**

p. 4–11

**Olga Filiptsova**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Biotechnology, National University of Pharmacy, Hryhoriia Skovorody str., 53, Kharkiv, Ukraine, 61002  
E-mail: philiptsova@yahoo.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-1651>

**Olga Naboka**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Clinical Laboratory Diagnostics, Microbiology and Biological Chemistry, National University of Pharmacy, Hryhoriia Skovorody str., 53, Kharkiv, Ukraine, 61002

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2671-6923>

**Oleksandr Ochkur**, PhD, Associate Professor, Department of Pharmacology and Clinical Pharmacy, National University of Pharmacy, Hryhoriia Skovorody str., 53, Kharkiv, Ukraine, 61002

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0527-1988>

**Olena Matviichuk**, PhD, Associate Professor, Department of Clinical Laboratory Diagnostics, Microbiology and Biological Chemistry, National University of Pharmacy, Hryhoriia Skovorody str., 53, Kharkiv, Ukraine, 61002

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6296-5463>

*The aim of the study was a comprehensive analysis of biomedical aspects related to such an exogenous effect on the human body as tattoos, as well as our own research on the attitudes and awareness of the impact of tattoos on the human body in the Ukrainian population and among people who were temporarily in this territory.*

**Materials and methods.** The work used statistical analysis and the questionnaire method. A questionnaire was developed, containing questions related to attitudes towards tattoos, and questions that determine the relationship between somatic and mental health and the desire to undergo a tattoo procedure. The statistical criterion  $\chi^2$  was used to analyze qualitative characteristics.

**Results and discussion.** It was found that most of the respondents did not have tattoos (perhaps this was due to the young age of the respondents). The analysis of the results processed during the study revealed the following indicators: women are better informed than men, by approximately 11%. More female respondents than male respondents had a tattoo at the time of the study and a desire to get one in the future, respectively, the indicators are 12% and 15%. Also, women give recommendations to get a tattoo 12% more often. Significantly different indicators were found in the questions that were studied among representatives of different religious denominations, for example, respondents from Christian countries are 27% more informed about adverse reactions to tattoos. At the same time, the number of respondents

from different religious denominations who had a tattoo at the time of the study is almost the same.

**Conclusions.** A study of a similar scale involving representatives of several countries with different socio-cultural conditions was conducted for the first time in Ukraine. Since the work was international in nature, and representatives of different countries participated in it, it was found that representatives of different religious and confessional views differed in their attitude to tattoos, which was, in principle, predictable. At the same time, the actual proportion of tattooed people among Muslims and Christians did not differ statistically. When studying the effects of sexual dimorphism, it was shown that women are more aware of the side effects of tattoos, but also more often than men get tattoos and give advice to others to get tattoos

**Keywords:** Tattoos, exogenous substances, sexual dimorphism, population differences, biological risks

**References**

1. Pabst, M. A., Letofsky-Papst, I., Bock, E., Moser, M., Dorfer, L., Egarter-Vigl, E., Hofer, F. (2009). The tattoos of the Tyrolean Iceman: a light microscopical, ultrastructural and element analytical study. *Journal of Archaeological Science*, 36 (10), 2335–2341. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.06.016>
2. Wolf, E. K., Laumann, A. E. (2008). The use of blood-type tattoos during the Cold War. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 58(3), 472–476. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2007.11.019>
3. Okada, K., Sadahiro, S., Ogimi, T., Miyakita, H., Saito, G., Tanaka, A., Suzuki, T. (2018). Tattooing improves the detection of small lymph nodes and increases the number of retrieved lymph nodes in patients with rectal cancer who receive preoperative chemoradiotherapy: A randomized controlled clinical trial. *The American Journal of Surgery*, 215 (4), 563–569. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2017.06.030>
4. Brady, B. G., Gold, H., Leger, E. A., Leger, M. C. (2015). Self-reported adverse tattoo reactions: a New York City Central Park study. *Contact Dermatitis*, 73 (2), 91–99. <https://doi.org/10.1111/cod.12425>
5. Junqueira, A. L., Wanat, K. A., Farah, R. S. (2017). Squamous neoplasms arising within tattoos: clinical presentation, histopathology and management. *Clinical and Experimental Dermatology*, 42 (6), 601–606. <https://doi.org/10.1111/ced.13183>
6. Goldenberg, G., Patel, S., Patel, M. J., Williford, P., Sanguenza, O. (2007). Eruptive squamous cell carcinomas, keratoacanthoma type, arising in a multicolor tattoo. *Journal of Cutaneous Pathology*, 35 (1), 62–64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0560.2007.00764.x>
7. Kluger, N. (2017). Cutaneous Complications Related to Tattoos: 31 Cases from Finland. *Dermatology*, 233 (1), 100–109. <https://doi.org/10.1159/000468536>
8. Islam, P. S., Chang, C., Selmi, C., Generali, E., Huntley, A., Teuber, S. S., Gershwin, M. E. (2016). Medical Complications of Tattoos: A Comprehensive Review. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 50 (2), 273–286. <https://doi.org/10.1007/s12016-016-8532-0>
9. Reddersen, K., Gregersen, D. M., Tittelbach, J., Wiegand, C. (2025). Tattooed human in vitro skin model for testing the biocompatibility of tattoo inks and healing progression af-

ter tattooing. *Scientific Reports*, 15 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86813-2>

10. Dodig, S., Čepelak-Dodig, D., Gretić, D., Čepelak, I. (2024). Tattooing: immediate and long-term adverse reactions and complications. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 75 (4), 219–227. <https://doi.org/10.2478/aiht-2024-75-3921>

11. Turan, H., Okur, M., Kaya, E., Gun, E., Aliagaoglu, C. (2012). Allergic contact dermatitis to para-phenylenediamine in a tattoo: a case report. *Cutaneous and Ocular Toxicology*, 32 (2), 185–187. <https://doi.org/10.3109/15569527.2012.709570>

12. Jovanovic, D. L., Slavkovic-Jovanovic, M. R. (2009). Allergic contact dermatitis from temporary henna tattoo. *The Journal of Dermatology*, 36 (1), 63–65. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.2008.00588.x>

13. Martín, J. M., Revert, Á., Alonso, V., García, L., Molina, I., Pereda, C., Jordá, E. (2005). Acute contact eczema from paraphenylenediamine contained in temporary henna tattoos. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 96 (6), 382–385. [https://doi.org/10.1016/s0001-7310\(05\)73096-9](https://doi.org/10.1016/s0001-7310(05)73096-9)

14. Kind, F., Scherer, K., Bircher, A. J. (2012). Contact dermatitis to para-phenylenediamine in hair dye following sensitization to black henna tattoos – an ongoing problem. *JDDG: Journal Der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 10 (8), 572–577. <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2011.07882.x>

15. Serup, J., Linnet, J., Olsen, O., Harrit, N., Mohl, B., Westh, H. (2015) Tattoos – Health, Risks and Culture. A Report from the Council on Health and Disease Prevention. The Council on Health and Disease Prevention, Copenhagen, 1–157.

16. Laumann, A. E., Derick, A. J. (2006). Tattoos and body piercings in the United States: A national data set. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 55 (3), 413–421. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2006.03.026>

17. Heywood, W., Patrick, K., Smith, A. M. A., Simpson, J. M., Pitts, M. K., Richters, J., Shelley, J. M. (2012). Who Gets Tattoos? Demographic and Behavioral Correlates of Ever Being Tattooed in a Representative Sample of Men and Women. *Annals of Epidemiology*, 22 (1), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2011.10.005>

18. Lerche, C. M., Heerfordt, I. M., Serup, J., Poulsen, T., Wulf, H. C. (2017). Red tattoos, ultraviolet radiation and skin cancer in mice. *Experimental Dermatology*, 26 (11), 1091–1096. <https://doi.org/10.1111/exd.13383>

19. Sepehri, M., Lerche, C. M., Hutton Carlsen, K., Serup, J. (2017). Search for Internal Cancers in Mice Tattooed with Inks of High Contents of Potential Carcinogens: A One-Year Autopsy Study of Red and Black Tattoo Inks Banned in the Market. *Dermatology*, 233 (1), 94–99. <https://doi.org/10.1159/000468150>

20. Lerche, C. M., Sepehri, M., Serup, J., Poulsen, T., Wulf, H. C. (2015). Black tattoos protect against UVR-induced skin cancer in mice. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 31 (5), 261–268. <https://doi.org/10.1111/phpp.12181>

21. Jang, W. H., Yoon, Y., Kim, W., Kwon, S., Lee, S., Song, D. et al. (2017). Visualization of laser tattoo removal treatment effects in a mouse model by two-photon microscopy. *Biomedical Optics Express*, 8 (8), 3735–3748. <https://doi.org/10.1364/boe.8.003735>

22. Serup, J., Bäumlner, W. (2017). Guide to Treatment of Tattoo Complications and Tattoo Removal. Diagnosis and Therapy of Tattoo Complications. Karger, 132–138. <https://doi.org/10.1159/000452966>

23. Cozzi, S.-J., Le, T. T., Ogbourne, S. M., James, C., Suhrbier, A. (2017). Tattoo removal with ingenol mebutate. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, 10, 205–210. <https://doi.org/10.2147/ccid.s135716>

24. Allen, M. E., Kamilova, E., Monck, C., Ceroni, F., Hu, Y., Yetisen, A. K., Elani, Y. (2024). Engineered Bacteria as Living Biosensors in Dermal Tattoos. *Advanced Science*, 11 (30). <https://doi.org/10.1002/adv.202309509>

25. He, T., Wang, J., Hu, D., Yang, Y., Chae, E., Lee, C. (2025). Epidermal electronic-tattoo for plant immune response monitoring. *Nature Communications*, 16 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-58584-x>

26. Guéguen, N. (2013). Effects of a Tattoo on Men's Behavior and Attitudes Towards Women: An Experimental Field Study. *Archives of Sexual Behavior*, 42 (8), 1517–1524. <https://doi.org/10.1007/s10508-013-0104-2>

DOI: 10.15587/2519-8025.2026.356223

#### A COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOCHEMICAL MARKERS OF SYSTEMIC INFLAMMATION IN EXPERIMENTAL MODELS OF ACUTE AND CHRONIC ORGAN DAMAGE IN LABORATORY ANIMALS

p. 12–18

**Igor Seniuk**, PhD, Associate Professor, Department of Biological Chemistry and Microbiology, National University of Pharmacy, Hryhoriia Skovorody str., 53, Kharkiv, Ukraine, 61002  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3819-7331>

**Liubov Galuzinska**, PhD, Associate Professor, Department of Biological Chemistry and Microbiology, National University of Pharmacy, Hryhoriia Skovorody str., 53, Kharkiv, Ukraine, 61002

**E-mail:** [ljubvgaluzinskaja@ukr.net](mailto:ljubvgaluzinskaja@ukr.net)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1512-7552>

**Nataliia Polovko**, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Department of Pharmaceutical Technology of Drugs, National University of Pharmacy, Hryhoriia Skovorody str., 53, Kharkiv, Ukraine, 61002

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3189-7394>

**Anatolii Loshakov**, Electronic Equipment Technician/Operator, Kyiv Vitamin Plant, Kopylivska str., 38, Kyiv, Ukraine, 04073

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-3397-1295>

**Kateryna Strelchenko**, PhD, Associate Professor, Director, School Gravity LLC, Divocha str., 12, Kharkiv, Ukraine, 61002  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0009-2897-3991>

**Aim.** The aim of the study was to determine and comparatively analyse the specified markers in models of acute and chronic inflammation of various localisation and genesis in laboratory animals.

**Materials and Methods.** The study was conducted using models, such as adrenal myocarditis, tetrachloromethane hepatitis, UV erythema, folacin-induced nephropathy, and doxorubicin nephropathy.

**Results.** The content of total protein, C-reactive protein, creatinine, urea, TBA-AP, as well as the activity of cytolysis enzymes ALT and AST in nephropathy models were determined. The results of experimental studies showed the heterogeneity of marker changes depending on the selected model. In the UV erythema model, the diameter of erythema, CRP, and ALT significantly increased, while the content of TBA-AP decreased against the background of experimental pathology. In tetrachloromethane hepatitis, there was an increase in the liver mass coefficient, CRP content, TBA-AP, ALT and AST activity, and a decrease in total protein. Adrenaline myocarditis was accompanied by an increase in cardiac mass index, CRP, TBA-AP and AST activity. In both models of nephropathy (folic acid and doxorubicin), the kidney mass index increased; creatinine and urea levels rose, while total protein levels decreased; CRP levels increased in the model of nephropathy caused by folic acid and doxorubicin, while TBA-AP levels and ALT and AST activity increased significantly.

**Conclusions.** The experimental data obtained indicate a pronounced activation of systemic inflammation and oxidative stress in all model pathologies, but the degree and spectrum of changes in markers differ depending on the aetiological factor and organotropism of the pathologic process

**Keywords:** systemic inflammation, oxidative stress, inflammatory markers, experimental nephropathies, toxic hepatitis, adrenaline-induced myocarditis, UV erythema

## References

- Caragea, D. C., Boldeanu, L., Assani, M.-Z., Caragea, M.-E., Stroe-Ionescu, A.-Ştefania, Popa, R. et al. (2025). Assessment of AOPP, TBARS, and Inflammatory Status in Diabetic Nephropathy and Hemodialyzed Patients. *International Journal of Molecular Sciences*, 26 (21), 10670. <https://doi.org/10.3390/ijms262110670>
- Dopierała, M., Nitz, N., Król, O., Wasicka-Przewoźna, K., Schwermer, K., Pawlaczyk, K. (2025). New and Emerging Biomarkers in Chronic Kidney Disease. *Biomedicines*, 13 (6), 1423. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13061423>
- Dang, P., Li, B., Li, Y. (2024). Prognostic potential of inflammatory markers in chronic kidney disease patients combined with acute myocardial infarction. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1430215>
- Li, C., Chen, X., Zha, W., Fang, S., Shen, J., Li, L. et al. (2025). Impact of gut microbiota in chronic kidney disease: natural polyphenols as beneficial regulators. *Renal Failure*, 47 (1). <https://doi.org/10.1080/0886022x.2025.2506810>
- Quetglas-Llabrés, M. M., Díaz-López, A., Bouzas, C., Monserrat-Mesquida, M., Salas-Salvadó, J., Ruiz-Canela, M. et al. (2025). Association Between Oxidative–Inflammation Biomarkers and Incident Chronic Kidney Disease in People with High Cardiovascular Risk: A Nested Case–Control Study. *Antioxidants*, 14 (8), 975. <https://doi.org/10.3390/antiox14080975>
- Gao, W., Wang, X., Zou, Y., Wang, S., Dou, J., Qian, S. (2025). Progress in the application of novel inflammatory indicators in chronic kidney disease. *Frontiers in Medicine*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1500166>
- Hanusrichterova, J., Baranovicova, E., Barosova, R., Kolomaznik, M., Mikolka, P., Kosutova, P. et al. (2025). Metabolic profiling in experimental guinea pig models of bacterial and allergic inflammation. *Metabolomics*, 21 (2). <https://doi.org/10.1007/s11306-025-02239-x>
- Assani, M.-Z., Novac, M. B., Dijmărescu, A. L., Stroe-Ionescu, A.-Ştefania, Boldeanu, M. V., Siloşi, I., Boldeanu, L. (2025). Intersecting Pathways of Inflammation, Oxidative Stress, and Atherogenesis in the Evaluation of CKD: Emerging Biomarkers PCSK9, EPHX2, AOPPs, and TBARSs. *Life*, 15 (8), 1287. <https://doi.org/10.3390/life15081287>
- He, P., Zhang, J., Tian, N., Deng, Y., Zhou, M., Tang, C., Ma, Y., Zhang, M. (2025). The relationship between C-reactive protein to lymphocyte ratio and the prevalence of chronic kidney disease in US adults: a cross-sectional study. *Frontiers in Endocrinology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1469750>
- Zhang, H., Qi, X., Yang, L., Xia, P., Ling, J., Zheng, X. et al. (2025). Advances in anthocyanin nanoparticle delivery systems in anti-inflammatory therapies. *Pharmacological Research*, 222, 108038. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2025.108038>
- Fotouh, A., Elbarbary, N. K., Momenah, M. A., Khormi, M. A., Mohamed, W. H., Sherkawy, H. S. et al. (2025). Hepatoprotective effects of mesenchymal stem cells in carbon tetrachloride–induced liver toxicity in rats: restoration of liver parameters and histopathological evaluation. *American Journal of Veterinary Research*, 1–10. <https://doi.org/10.2460/ajvr.25.03.0074>
- El-Marasy, S. A., El Awdan, S. A., Hassan, A., Abdallah, H. M. I. (2020). Cardioprotective effect of thymol against adrenaline-induced myocardial injury in rats. *Heliyon*, 6 (7), e04431. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04431>
- Yan, L. (2021). Folic acid-induced animal model of kidney disease. *Animal Models and Experimental Medicine*, 4 (4), 329–342. <https://doi.org/10.1002/ame2.12194>
- Hu, H., Xie, C., Weng, Z., Yu, P., Wang, Y., Shan, L. (2022). Dexrazoxane Alleviated Doxorubicin-Induced Nephropathy in Rats. *Pharmacology*, 107 (3–4), 206–215. <https://doi.org/10.1159/000521220>
- Myronchenko, S., Naumova, O., Zvyagintseva, T. (2016). The impact of ultraviolet irradiation on morpho-functional state of skin in guinea pigs. *Georgian Med News*, 95–100.
- Kononskyi, O. I. (2002). *Orhanichna khimiia*. Kyiv: Vyshcha shkola, 246.
- Roberts, W. L., Moulton, L., Law, T. C., Farrow, G., Cooper-Anderson, M., Savory, J., Rifai, N. (2001). Evaluation of Nine Automated High-Sensitivity C-Reactive Protein Methods: Implications for Clinical and Epidemiological Applications. Part 2. *Clinical Chemistry*, 47 (3), 418–425. <https://doi.org/10.1093/clinchem/47.3.418>
- Reitman, S., Frankel, S. (1957). A Colorimetric Method for the Determination of Serum Glutamic Oxalacetic and Glutamic Pyruvic Transaminases. *American Journal of Clinical Pathology*, 28 (1), 56–63. <https://doi.org/10.1093/ajcp/28.1.56>
- Draper, H. H., Hadley, M. (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid Peroxidation. *Oxygen Radicals in Biological Systems Part B: Oxygen Radicals and Antioxidants*, 421–431. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86135-i](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86135-i)
- Schumann, G., Bonora, R., Ceriotti, F., Féraud, G., Ferrero, C. A., Franck, P. F. H. et al. (2002). IFCC Primary Reference Procedures for the Measurement of Catalytic Activity Concentrations of Enzymes at 37°C. Part 5. Reference Procedure for the Measurement of Catalytic Concentration of Aspartate Aminotransferase. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 40 (7). <https://doi.org/10.1515/ccm.2002.125>
- Skliarov, O. Ya. (Ed.) (2023). *Praktykum z biolohichnoi khimii*. Lviv: LNMU, 120–122.

22. Tang, X., Wu, J., Zhang, H., Zhong, L., Su, R., Ma, M. et al. (2025). UVB radiation and amphibian resilience: Analyzing skin color, immune suppression and oxidative stress in *Rana kukunoris* from different elevations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 294, 118075. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118075>

23. Fotouh, A., Elbarbary, N. K., Momenah, M. A., Khormi, M. A., Mohamed, W. H., Sherkawy, H. S. et al. (2025). Hepatoprotective effects of mesenchymal stem cells in carbon tetrachloride-induced liver toxicity in rats: restoration of liver parameters and histopathological evaluation. *American Journal of Veterinary Research*, 1–10. <https://doi.org/10.2460/ajvr.25.03.0074>

24. Zhu, Z., Zhang, M., Wang, Z., Jiang, C., Huang, C., Cheng, H. et al. (2023). Chronic  $\beta$ -adrenergic stress contributes to cardiomyopathy in rodents with collagen-induced arthritis. *Acta Pharmacologica Sinica*, 44 (10), 1989–2003. <https://doi.org/10.1038/s41401-023-01099-2>

25. Liu, T., Li, M. (2025). Therapeutic potential of common Phytoestrogens found in traditional Chinese medicine in chronic kidney diseases. *Frontiers in Pharmacology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1599097>

26. Akwari, A., George, E., Obia, U., Nyirenda, M., Mbuki, R., Nkanu, E. E. (2025). Doxorubicin Induced Hepatotoxicity, Apoptosis and Renal Dysfunction: Role of Hesperidin in Potentiation or Attenuation in Male Wistar Rats. *British Journal of Healthcare & Medical Research*, 12 (1), 347–353. <https://doi.org/10.14738/bjhr.1201.18159>

DOI: 10.15587/2519-8025.2026.356113

#### EFFECT OF GELATIN ON THE PROPERTIES OF MESENCHYMAL STROMAL CELLS DURING CULTIVATION AND HYPOTHERMIC STORAGE WITHIN CORE–SHELL ALGINATE CAPSULES

p. 19–29

**Oleksandra Hubenia**, Junior Researcher, Department of Cryobiochemistry, Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine National Academy of Sciences of Ukraine, Pereiaslivska str., 23, Kharkiv, Ukraine 61016, Researcher, Institute for Multiphase Processes, Leibniz University Hannover, An der Universität 1, Garbsen, Germany, 30823

E-mail: shalinaaleksandra@gmail.com,

hubenia@imp.uni-hannover.de

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8212-3455>

**Sara Leal-Marin**, Doctor of Engineering, Postdoctoral Researcher, Institute for Multiphase Processes, Leibniz University Hannover, An der Universität 1, Garbsen, Germany, 30823

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0315-1950>

**Natalia Trufanova**, PhD, Department of Cryobiochemistry, Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine National Academy of Sciences of Ukraine, Pereiaslivska str., 23, Kharkiv, Ukraine 61016

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8718-7490>

**Ievgen Ivanov**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Molecular Biology and Biotech-

nology, V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5146-2705>

**Birgit Glasmacher**, Doctor of Engineering, Professor, Institute for Multiphase Processes, Leibniz University Hannover, An der Universität 1, Garbsen, Germany, 30823

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2452-1666>

**Oleksandr Petrenko**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Cryobiochemistry, Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine National Academy of Sciences of Ukraine, Pereiaslivska str., 23, Kharkiv, Ukraine 61016

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9554-8639>

*Mesenchymal stromal cells (MSCs) are widely used in regenerative medicine and cell engineering; however, conventional two-dimensional culture systems fail to reproduce the physiological microenvironment of cells and limit the preservation of their functional state.*

**Objective.** This study aimed to investigate the effect of gelatin concentration in the core of alginate core–shell capsules on the viability, metabolic activity and spatial organisation of human bone marrow-derived MSCs.

**Materials and Methods.** Alginate core–shell capsules were fabricated using coaxial electrospraying with an alginate shell and hydrogel core containing different gelatin concentrations (0, 2.5, 5 and 7.5% w/v). Rheological properties of the core and shell materials were analysed by rotational rheometry. Cell viability was assessed using Live/Dead fluorescence staining, metabolic activity by Alamar Blue assay, and spatial organisation by light and fluorescence microscopy. Capsules were cultured under physiological conditions for 17 days and subsequently transferred to ambient temperature storage.

**Results.** All capsule formulations supported high MSC viability during long-term culture. However, the functional state of the cells strongly depended on the core composition. Capsules containing 2.5% gelatin demonstrated the most pronounced increase in metabolic activity and the formation of interconnected, network-like cellular structures. Increasing gelatin concentration to 5–7.5% resulted in reduced metabolic activity and the formation of compact cell aggregates. Following storage at ambient temperature (22°C), metabolic activity decreased in all groups, whereas cell viability remained stable.

**Conclusions.** Gelatin concentration within the capsule core is a key parameter regulating MSC functional behaviour in three-dimensional culture systems. Alginate core–shell capsules represent a promising platform for short-term storage and transportation of cells while maintaining their viability and structural organisation.

**Keywords:** mesenchymal stromal cells; alginate capsules; core–shell systems; gelatin; 3D cell culture; metabolic activity; cell viability; cell encapsulation; ambient storage; tissue engineering

#### References

1. Merimi, M., El-Majzoub, R., Lagneaux, L., Moussa Agha, D., Bouhtit, F., Meuleman, N. et al. (2021). The Therapeutic Potential of Mesenchymal Stromal Cells for Regenerative Medicine: Current Knowledge and Future Understandings.

Frontiers in Cell and Developmental Biology, 9. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.661532>

2. Song, N., Scholtemeijer, M., Shah, K. (2020). Mesenchymal Stem Cell Immunomodulation: Mechanisms and Therapeutic Potential. *Trends in Pharmacological Sciences*, 41 (9), 653–664. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2020.06.009>

3. Hass, R., Kasper, C., Böhm, S., Jacobs, R. (2011). Different populations and sources of human mesenchymal stem cells (MSC): A comparison of adult and neonatal tissue-derived MSC. *Cell Communication and Signaling*, 9 (1). <https://doi.org/10.1186/1478-811x-9-12>

4. Rybkowska, P., Radoszkiewicz, K., Kawalec, M., Dymkowska, D., Zabłocka, B., Zabłocki, K., Sarnowska, A. (2023). The Metabolic Changes between Monolayer (2D) and Three-Dimensional (3D) Culture Conditions in Human Mesenchymal Stem/Stromal Cells Derived from Adipose Tissue. *Cells*, 12 (1), 178. <https://doi.org/10.3390/cells12010178>

5. Kusuma, G. D., Li, A., Zhu, D., McDonald, H., Inocencio, I. M., Chambers, D. C. et al. (2022). Effect of 2D and 3D Culture Microenvironments on Mesenchymal Stem Cell-Derived Extracellular Vesicles Potencies. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.819726>

6. Pan, Y., Han, L., Yang, Y., Wu, X., Wang, A., Xie, L. et al. (2025). Alternating 2D and 3D culture reduces cell size and extends the lifespan of placenta-derived mesenchymal stem cells. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1632810>

7. Pangiantuk, A., Kaokaen, P., Kunhorm, P., Chaicharoenadomrung, N., Noisa, P. (2024). 3D culture of alginate-hyaluronic acid hydrogel supports the stemness of human mesenchymal stem cells. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54912-1>

8. Yin, S., Wu, H., Huang, Y., Lu, C., Cui, J., Li, Y. et al. (2024). Structurally and mechanically tuned macroporous hydrogels for scalable mesenchymal stem cell–extracellular matrix spheroid production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(28). <https://doi.org/10.1073/pnas.2404210121>

9. Ashimova, A., Yegorov, S., Negmetzhanov, B., Hortelano, G. (2019). Cell Encapsulation Within Alginate Microcapsules: Immunological Challenges and Outlook. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00380>

10. Eleftheriadou, D., Evans, R. E., Atkinson, E., Abdalla, A., Gavins, F. K. H., Boyd, A. S. et al. (2022). An alginate-based encapsulation system for delivery of therapeutic cells to the CNS. *RSC Advances*, 12 (7), 4005–4015. <https://doi.org/10.1039/d1ra08563h>

11. Lee, K. Y., Mooney, D. J. (2012). Alginate: Properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 37 (1), 106–126. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003>

12. Qian, W., Bai, H., Yan, Y., Bi, Q. (2024). Regulation of physicochemical properties of alginate-based hydrogels and preliminary applications in wound healing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 283, 137617. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.137617>

13. Sarker, B., Rompf, J., Silva, R., Lang, N., Detsch, R., Kaschta, J. et al. (2015). Alginate-based hydrogels with improved adhesive properties for cell encapsulation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 78, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.03.061>

14. Caliarì, S. R., Burdick, J. A. (2016). A practical guide to hydrogels for cell culture. *Nature Methods*, 13 (5), 405–414. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3839>

15. Bennacef, C., Desobry, S., Probst, L., Desobry-Banon, S. (2023). Alginate Based Core–Shell Capsules Production through Coextrusion Methods: Recent Applications. *Foods*, 12 (9), 1788. <https://doi.org/10.3390/foods12091788>

16. Liang, X., Xie, L., Zhang, Q., Wang, G., Zhang, S., Jiang, M. et al. (2022). Gelatin methacryloyl–alginate core-shell microcapsules as efficient delivery platforms for prevascularized microtissues in endodontic regeneration. *Acta Biomaterialia*, 144, 242–257. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2022.03.045>

17. Wang, N., Adams, G., Buttery, L., Falcone, F. H., Stolnik, S. (2009). Alginate encapsulation technology supports embryonic stem cells differentiation into insulin-producing cells. *Journal of Biotechnology*, 144 (4), 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2009.08.008>

18. Gryshkov, O., Pogozhykh, D., Hofmann, N., Pogozhykh, O., Mueller, T., Glasmacher, B. (2014). Encapsulating Non-Human Primate Multipotent Stromal Cells in Alginate via High Voltage for Cell-Based Therapies and Cryopreservation. *PLoS ONE*, 9 (9), e107911. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107911>

19. Gryshkov, O., Mutsenko, V., Tarusin, D., Khayyat, D., Naujok, O., Riabchenko, E. et al. (2021). Coaxial Alginate Hydrogels: From Self-Assembled 3D Cellular Constructs to Long-Term Storage. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (6), 3096. <https://doi.org/10.3390/ijms22063096>

20. Rauch, J., Francis, E., Viljoen, H. (2024). Optimizing alginate tubes for cell culture. *Biomedical Engineering Advances*, 7, 100113. <https://doi.org/10.1016/j.bea.2024.100113>

21. Gladukh, I., Podorozhna, M. (2021). Study of structural and mechanical properties of sodium alginate gels. *EUREKA: Health Sciences*, 2, 82–89. <https://doi.org/10.21303/2504-5679.2021.001732>

22. Hilbig, J., Hartlieb, K., Gibis, M., Herrmann, K., Weiss, J. (2020). Rheological and mechanical properties of alginate gels and films containing different chelators. *Food Hydrocolloids*, 101, 105487. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105487>

23. Ouwerx, C., Velings, N., Mestdagh, M. M., Axelos, M. A. V. (1998). Physico-chemical properties and rheology of alginate gel beads formed with various divalent cations. *Polymer Gels and Networks*, 6 (5), 393–408. [https://doi.org/10.1016/s0966-7822\(98\)00035-5](https://doi.org/10.1016/s0966-7822(98)00035-5)

24. Rebelatto, C. K., Aguiar, A. M., Moretão, M. P., Senegaglia, A. C., Hansen, P., Barchiki, F. et al. (2008). Dissimilar Differentiation of Mesenchymal Stem Cells from Bone Marrow, Umbilical Cord Blood, and Adipose Tissue. *Experimental Biology and Medicine*, 233 (7), 901–913. <https://doi.org/10.3181/0712-rm-356>

25. Dominici, M., Le Blanc, K., Mueller, I., Slaper-Cortenbach, I., Marini, F. C., Krause, D. S. et al. (2006). Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. The International Society for Cellular Therapy position statement. *Cytotherapy*, 8 (4), 315–317. <https://doi.org/10.1080/14653240600855905>

26. Eyckmans, J., Lin, G. L., Chen, C. S. (2012). Adhesive and mechanical regulation of mesenchymal stem cell differentiation in human bone marrow and periosteum-derived progenitor cells. *Biology Open*, 1 (11), 1058–1068. <https://doi.org/10.1242/bio.20122162>

27. Brun-Graepi, A. K. A. S., Richard, C., Bessodes, M., Scherman, D., Merten, O.-W. (2011). Cell microcarriers and microcapsules of stimuli-responsive polymers. *Journal of Controlled Release*, 149 (3), 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2010.09.023>

28. Ke, C.-J., Chiu, K.-H., Chen, C.-Y., Huang, C.-H., Yao, C.-H. (2021). Alginate-gelatin based core-shell capsule enhances the osteogenic potential of human osteoblast-like MG-63 cells. *Materials & Design*, 210, 110109. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110109>

29. Khanmohammadi, M., Zolfagharzadeh, V., Bagher, Z., Soltani, H., Ai, J. (2020). Cell encapsulation in core-shell microcapsules through coaxial electrospinning system and horseradish peroxidase-catalyzed crosslinking. *Biomedical Physics & Engineering Express*, 6 (1), 015022. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ab6035>

30. Depta, P. N., Gurikov, P., Schroeter, B., Forgács, A., Kalmár, J., Paul, G. et al. (2021). DEM-Based Approach for the Modeling of Gelation and Its Application to Alginate. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 62 (1), 49–70. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c01076>

31. Braissant, O., Astasov-Frauenhoffer, M., Waltimo, T., Bonkat, G. (2020). A Review of Methods to Determine Viability, Vitality, and Metabolic Rates in Microbiology. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.547458>

32. Kroll, P., Eilers, K., Fricke, J., & Herwig, C. (2016). Impact of cell lysis on the description of cell growth and death in cell culture. *Engineering in Life Sciences*, 17 (4), 440–447. <https://doi.org/10.1002/elsc.201600088>

33. Garcia-Aponte, O. F., Kahlenberg, S., Kouroupis, D., Egger, D., Kasper, C. (2025). Effects of Hydrogels on Mesenchymal Stem/Stromal Cells Paracrine Activity and Extracellular Vesicles Production. *Journal of Extracellular Vesicles*, 14 (3). <https://doi.org/10.1002/jev2.70057>

34. Neves, M. I., Moroni, L., Barrias, C. C. (2020). Modulating Alginate Hydrogels for Improved Biological Performance as Cellular 3D Microenvironments. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00665>

35. Tsutsumi, S., Shimazu, A., Miyazaki, K., Pan, H., Koike, C., Yoshida, E. et al. (2001). Retention of Multilineage Differentiation Potential of Mesenchymal Cells during Proliferation in Response to FGF. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 288 (2), 413–419. <https://doi.org/10.1006/bbrc.2001.5777>

36. Discher, D. E., Janmey, P., Wang, Y. (2005). Tissue Cells Feel and Respond to the Stiffness of Their Substrate. *Science*, 310 (5751), 1139–1143. <https://doi.org/10.1126/science.1116995>

37. Nichol, J. W., Koshy, S. T., Bae, H., Hwang, C. M., Yamanlar, S., Khademhosseini, A. (2010). Cell-laden microengineered gelatin methacrylate hydrogels. *Biomaterials*, 31 (21), 5536–5544. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2010.03.064>

38. Bupphathong, S., Quiroz, C., Huang, W., Chung, P.-F., Tao, H.-Y., Lin, C.-H. (2022). Gelatin Methacrylate Hydrogel for Tissue Engineering Applications – A Review on Material Modifications. *Pharmaceuticals*, 15 (2), 171. <https://doi.org/10.3390/ph15020171>

DOI: 10.15587/2519-8025.2026.356317

## DETERMINING THE IMPACT OF MACROPHAGES ON CARCINOGENESIS AND INFLAMMATION

p. 30–37

Anhelina Andriushchenko, PhD Student, Department of Molecular Immunology, Palladin Institute of Biochemistry,

National Academy of Sciences of Ukraine, Leontovycha str., 9, Kyiv, Ukraine, 01054

E-mail: anhelina.andr@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4174-2740>

**Aim.** The aim of the study is to determine the influence of macrophages on carcinogenesis and inflammation. Violation of the functioning of this control system leads to pathology and the development of chronic inflammation. The correlation of chronic inflammation and malignant tumors, which is observed in the case of intestinal diseases, such as nonspecific ulcerative colitis and Crohn's disease, was analyzed.

**Materials and Methods.** The materials of the work were selected publications with data from clinical and experimental studies that show that macrophages are able to support the progression and metastasis of solid tumors. The methods of this work are the systematization of the analysis of modern studies to determine the influence of macrophages on carcinogenesis and inflammation with an emphasis on theoretical foundations, experimental data and technological innovations.

**Result.** The results of the study demonstrate that during chronic inflammation, two processes are simultaneously activated in tissues:

1) tissue damage by a pathogen (or bactericidal activity of macrophages); 2) stimulation of regeneration. A substantial body of literature indicates that the spectrum of cytokines in the tumor microenvironment plays a crucial role in shaping the macrophage phenotype. This statement allows us to explain the association of the observed number of tumor macrophages with a good prognosis. It is possible that in these cases macrophages acquire an immunologically neutral phenotype or even retain some cytotoxic properties, so that they either do not interfere with the antitumor immune response, or even take an active part. It has been determined that activated macrophages are the main source of growth factors and cytokines TGF- $\beta$ 1, PDGF,  $\beta$ EGF, TGF- $\alpha$ , IGF-I-II, TNF and IL-1, which play a key role in regulating the activity of cells that repair damaged tissue.

**Conclusions.** The conclusions are based on the analysis of scientific literature and indicate that type II macrophages play an important role in tumor progression. The ability of macrophages to produce a wide range of proteinases, including uPA and MMP-9, has been demonstrated. Data from experimental studies using murine models demonstrate that, during tumor invasion, macrophages are localized at sites of basement membrane disruption and tumor cell dissemination. It is substantiated that macrophages are involved in the processes of tumor invasion and metastasis

**Keywords:** platelet activation, PDGF, cytokines, inflammation, tumor initiation, pathogen destruction, angiogenesis stimulation, tissue regeneration

## References

1. Murray, P. J., Allen, J. E., Biswas, S. K., Fisher, E. A., Gilroy, D. W., Goerdt, S. et al. (2014). Macrophage Activation and Polarization: Nomenclature and Experimental Guidelines. *Immunity*, 41 (1), 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2014.06.008>

2. Goswami, S., Anandhan, S., Raychaudhuri, D., Sharma, P. (2022). Myeloid cell-targeted therapies for solid tumours. *Nature Reviews Immunology*, 23 (2), 106–120. <https://doi.org/10.1038/s41577-022-00737-w>

3. Christofides, A., Strauss, L., Yeo, A., Cao, C., Charrest, A., Boussiotis, V. A. (2022). The complex role of tumor-infiltrating macrophages. *Nature Immunology*, 23 (8), 1148–1156. <https://doi.org/10.1038/s41590-022-01267-2>
4. Umakoshi, M., Nakamura, A., Tsuchie, H., Li, Z., Kudo-Asabe, Y., Miyabe, K. et al. (2023). Macrophage numbers in the marginal area of sarcomas predict clinical prognosis. *Scientific Reports*, 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28024-1>
5. Toor, S. M., Syed Khaja, A. S., El Salhat, H., Faour, I., Kanbar, J., Quadri, A. A. et al. (2017). Myeloid cells in circulation and tumor microenvironment of breast cancer patients. *Cancer Immunology, Immunotherapy*, 66 (6), 753–764. <https://doi.org/10.1007/s00262-017-1977-z>
6. Chen, Y., Jin, H., Song, Y., Huang, T., Cao, J., Tang, Q., Zou, Z. (2020). Targeting tumor-associated macrophages: A potential treatment for solid tumors. *Journal of Cellular Physiology*, 236 (5), 3445–3465. <https://doi.org/10.1002/jcp.30139>
7. Caverzán, M. D., Beaugé, L., Oliveda, P. M., Cesca González, B., Bühler, E. M., Ibarra, L. E. (2023). Exploring Monocytes-Macrophages in Immune Microenvironment of Glioblastoma for the Design of Novel Therapeutic Strategies. *Brain Sciences*, 13 (4), 542. <https://doi.org/10.3390/brainsci13040542>
8. Anfray, C., Ummarino, A., Calvo, A., Allavena, P., Torres Andón, F.; Ursini-Siegel, J. (Ed.) (2023). In Vivo Analysis of Tumor-Associated Macrophages in the Tumor Microenvironment. *The Tumor Microenvironment*. New York, 93–108. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2914-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2914-7_7)
9. Linde, N., Gutschalk, C. M., Hoffmann, C., Yilmaz, D., Mueller, M. M. (2012). Integrating Macrophages into Organotypic Co-Cultures: A 3D In Vitro Model to Study Tumor-Associated Macrophages. *PLoS ONE*, 7 (7), e40058. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040058>
10. Karimova, A. F., Ketkar, A., Suezov, R., Khalitova, A. R., Gomzikova, M., Mukhamedshina, Y. et al. (2024). In vitro functional assays to assess the reciprocal interplay between tumor cells and macrophages. *The FASEB Journal*, 38 (13). <https://doi.org/10.1096/fj.202400240r>
11. Carrera Silva, E. A., Errasti, A. E. (2025). Reprogramming Model of Human Monocyte-derived Macrophages for In-vitro Assays. *Journal of Visualized Experiments*, 218. <https://doi.org/10.3791/67651>
12. Colado, A., Almejún, M. B., Podaza, E., Risnik, D., Stanganelli, C., Elias, E. E. et al. (2016). The kinase inhibitors R406 and GS-9973 impair T cell functions and macrophage-mediated anti-tumor activity of rituximab in chronic lymphocytic leukemia patients. *Cancer Immunology, Immunotherapy*, 66 (4), 461–473. <https://doi.org/10.1007/s00262-016-1946-y>
13. Colado, A., Genoula, M., Cougoule, C., Marin Franco, J. L., Almejún, M. B., Risnik, D. et al. (2018). Effect of the BTK inhibitor ibrutinib on macrophage- and  $\gamma\delta$  T cell-mediated response against *Mycobacterium tuberculosis*. *Blood Cancer Journal*, 8 (11). <https://doi.org/10.1038/s41408-018-0136-x>
14. Nowak, W., Grendas, L. N., Sanmarco, L. M., Estecho, I. G., Arena, Á. R., Eberhardt, N. et al. (2019). Pro-inflammatory monocyte profile in patients with major depressive disorder and suicide behaviour and how ketamine induces anti-inflammatory M2 macrophages by NMDAR and mTOR. *EBioMedicine*, 50, 290–305. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2019.10.063>
15. Gattas, M. J., Estecho, I. G., Lago Huvelle, M. A., Errasti, A. E., Carrera Silva, E. A., Simian, M. (2021). A Heterotypic Tridimensional Model to Study the Interaction of Macrophages and Glioblastoma In Vitro. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (10), 5105. <https://doi.org/10.3390/ijms22105105>
16. Risnik, D., Colado, A., Podaza, E., Almejún, M. B., Elías, E. E., Bezares, R. F. et al. (2020). Immunoregulatory effects of Lurbinectedin in chronic lymphocytic leukemia. *Cancer Immunology, Immunotherapy*, 69 (5), 813–824. <https://doi.org/10.1007/s00262-020-02513-y>
17. Mulder, K., Patel, A. A., Kong, W. T., Piot, C., Halitzki, E., Dunsmore, G. et al. (2021). Cross-tissue single-cell landscape of human monocytes and macrophages in health and disease. *Immunity*, 54 (8), 1883–1900.e5. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2021.07.007>
18. Silvin, A., Uderhardt, S., Piot, C., Da Mesquita, S., Yang, K., Geirsdottir, L. et al. (2022). Dual ontogeny of disease-associated microglia and disease inflammatory macrophages in aging and neurodegeneration. *Immunity*, 55(8), 1448–1465.e6. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2022.07.004>
19. Maeda, A., Digifico, E., Andon, F. T., Mantovani, A., Allavena, P. (2019). Poly(I:C) stimulation is superior than Imiquimod to induce the antitumoral functional profile of tumor-conditioned macrophages. *European Journal of Immunology*, 49 (5), 801–811. <https://doi.org/10.1002/eji.201847888>
20. Ummarino, A., Anfray, C., Maeda, A., Andón, F. T., Allavena, P.; Ursini-Siegel, J. (Ed.) (2023). In Vitro Methods to Evaluate Macrophage Polarization and Function in Cancer. *The Tumor Microenvironment*. New York, 81–91. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2914-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2914-7_6)
21. Carestia, A., Mena, H. A., Olexen, C. M., Ortiz Wilczyński, J. M., Negrotto, S., Errasti, A. E. et al. (2019). Platelets Promote Macrophage Polarization toward Pro-inflammatory Phenotype and Increase Survival of Septic Mice. *Cell Reports*, 28 (4), 896–908.e5. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.06.062>
22. Vogel, D. Y. S., Glim, J. E., Stavenuiter, A. W. D., Breur, M., Heijnen, P., Amor, S. et al. (2014). Human macrophage polarization in vitro: Maturation and activation methods compared. *Immunobiology*, 219 (9), 695–703. <https://doi.org/10.1016/j.imbio.2014.05.002>
23. Ferrer, M. F., Thomas, P., López Ortiz, A. O., Errasti, A. E., Charo, N., Romanowski, V. et al. (2019). Junin Virus Triggers Macrophage Activation and Modulates Polarization According to Viral Strain Pathogenicity. *Frontiers in Immunology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02499>
24. Ortiz Wilczyński, J. M., Mena, H. A., Ledesma, M. M., Olexen, C. M., Podaza, E., Schattner, M. et al. (2023). The synthetic phospholipid C8-C1P determines pro-angiogenic and pro-reparative features in human macrophages restraining the proinflammatory M1-like phenotype. *Frontiers in Immunology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1162671>
25. Dunsmore, G., Guo, W., Li, Z., Bejarano, D. A., Pai, R., Yang, K. et al. (2024). Timing and location dictate monocyte fate and their transition to tumor-associated macrophages. *Science Immunology*, 9 (97). <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.adk3981>
26. Wang, X., Chen, J., Jia, G. (2023). From dichotomy to diversity: deciphering the multifaceted roles of tumor-associated macrophages in cancer progression and therapy. *Cancer Biology & Medicine*, 23 (2). <https://doi.org/10.20892/j.issn.2095-3941.2023.0370>
27. Hochstadt, J., Martínez Pacheco, S., Casanova-Acebes, M. (2025). Embracing diversity: macrophage complexity in cancer. *Trends in Cancer*, 11 (4), 351–364. <https://doi.org/10.1016/j.trecan.2024.12.002>

28. Xu, J., Ding, L., Mei, J., Hu, Y., Kong, X., Dai, S. (2025). Dual roles and therapeutic targeting of tumor-associated macrophages in tumor microenvironments. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41392-025-02325-5>
29. Park, M. D., Silvin, A., Ginhoux, F., Merad, M. (2022). Macrophages in health and disease. *Cell*, 185 (23), 4259–4279. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.10.007>
30. Ho, W. W., Pittet, M. J., Fukumura, D., Jain, R. K. (2022). The local microenvironment matters in preclinical basic and translational studies of cancer immunology and immunotherapy. *Cancer Cell*, 40 (7), 701–702. <https://doi.org/10.1016/j.ccell.2022.05.016>
31. Cheng, S., Li, Z., Gao, R., Xing, B., Gao, Y., Yang, Y. et al. (2021). A pan-cancer single-cell transcriptional atlas of tumor infiltrating myeloid cells. *Cell*, 184 (3), 792–809. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.01.010>
32. Nalio Ramos, R., Missolo-Koussou, Y., Gerber-Ferder, Y., Bromley, C. P., Bugatti, M., Núñez, N. G. et al. (2022). Tissue-resident FOLR2+ macrophages associate with CD8+ T cell infiltration in human breast cancer. *Cell*, 185 (7), 1189–1207. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.02.021>
33. Casanova-Acebes, M., Dalla, E., Leader, A. M., LeBeriche, J., Nikolic, J., Morales, B. M. et al. (2021). Tissue-resident macrophages provide a pro-tumorigenic niche to early NSCLC cells. *Nature*, 595 (7868), 578–584. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03651-8>
34. Consonni, F. M., Bleve, A., Totaro, M. G., Storto, M., Kunderfranco, P., Termanini, A. et al. (2021). Heme catabolism by tumor-associated macrophages controls metastasis formation. *Nature Immunology*, 22 (5), 595–606. <https://doi.org/10.1038/s41590-021-00921-5>
35. Sharma, A., Blériot, C., Currenti, J., Ginhoux, F. (2022). Oncofetal reprogramming in tumour development and progression. *Nature Reviews Cancer*, 22 (10), 593–602. <https://doi.org/10.1038/s41568-022-00497-8>
36. Wang, M., Herbst, R. S., Boshoff, C. (2021). Toward personalized treatment approaches for non-small-cell lung cancer. *Nature Medicine*, 27 (8), 1345–1356. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01450-2>
37. Radharani, N. N. V., Yadav, A. S., Nimma, R., Kumar, T. V. S., Bulbule, A., Chanukuppa, V. et al. (2022). Tumor-associated macrophage derived IL-6 enriches cancer stem cell population and promotes breast tumor progression via Stat3 pathway. *Cancer Cell International*, 22 (1). <https://doi.org/10.1186/s12935-022-02527-9>
38. Nixon, B. G., Kuo, F., Ji, L., Liu, M., Capistrano, K., Do, M. et al. (2022). Tumor-associated macrophages expressing the transcription factor IRF8 promote T cell exhaustion in cancer. *Immunity*, 55 (11), 2044–2058. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2022.10.002>
39. Kersten, K., Hu, K. H., Combes, A. J., Samad, B., Harwin, T., Ray, A. et al. (2022). Spatiotemporal co-dependency between macrophages and exhausted CD8+ T cells in cancer. *Cancer Cell*, 40 (6), 624–638. <https://doi.org/10.1016/j.ccell.2022.05.004>
40. Bahr, J. C., Li, X.-Y., Feinberg, T. Y., Jiang, L., Weiss, S. J. (2022). Divergent regulation of basement membrane trafficking by human macrophages and cancer cells. *Nature Communications*, 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34087-x>
41. Maller, O., Drain, A. P., Barrett, A. S., Borgquist, S., Ruffell, B., Zakharevich, I. et al. (2020). Tumour-associated macrophages drive stromal cell-dependent collagen crosslinking and stiffening to promote breast cancer aggression. *Nature Materials*, 20 (4), 548–559. <https://doi.org/10.1038/s41563-020-00849-5>
42. Fattet, L., Jung, H.-Y., Matsumoto, M. W., Aubol, B. E., Kumar, A., Adams, J. A. et al. (2020). Matrix Rigidity Controls Epithelial-Mesenchymal Plasticity and Tumor Metastasis via a Mechanoresponsive EPHA2/LYN Complex. *Developmental Cell*, 54 (3), 302–316. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2020.05.031>
43. Yang, P., Qin, H., Li, Y., Xiao, A., Zheng, E., Zeng, H. et al. (2022). CD36-mediated metabolic crosstalk between tumor cells and macrophages affects liver metastasis. *Nature Communications*, 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33349-y>
44. Morrissey, S. M., Zhang, F., Ding, C., Montoya-Durango, D. E., Hu, X., Yang, C. et al. (2021). Tumor-derived exosomes drive immunosuppressive macrophages in a pre-metastatic niche through glycolytic dominant metabolic reprogramming. *Cell Metabolism*, 33 (10), 2040–2058. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2021.09.002>
45. Geeraerts, X., Fernández-García, J., Hartmann, F. J., de Goede, K. E., Martens, L., Elkrim, Y. et al. (2021). Macrophages are metabolically heterogeneous within the tumor microenvironment. *Cell Reports*, 37 (13), 110171. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2021.110171>
46. Rodriguez-Tirado, C., Entenberg, D., Li, J., Qian, B.-Z., Condeelis, J. S., Pollard, J. W. (2022). Interleukin 4 Controls the Pro-Tumoral Role of Macrophages in Mammary Cancer Pulmonary Metastasis in Mice. *Cancers*, 14 (17), 4336. <https://doi.org/10.3390/cancers14174336>
47. Cassetta, L., Pollard, J. W. (2023). A timeline of tumour-associated macrophage biology. *Nature Reviews Cancer*, 23 (4), 238–257. <https://doi.org/10.1038/s41568-022-00547-1>
48. Yu, J., Green, M. D., Li, S., Sun, Y., Journey, S. N., Choi, J. E. et al. (2021). Liver metastasis restrains immunotherapy efficacy via macrophage-mediated T cell elimination. *Nature Medicine*, 27 (1), 152–164. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1131-x>
49. Remmerie, A., Martens, L., Thoné, T., Castoldi, A., Seurinck, R., Pavie, B. et al. (2020). Osteopontin Expression Identifies a Subset of Recruited Macrophages Distinct from Kupffer Cells in the Fatty Liver. *Immunity*, 53 (3), 641–657. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2020.08.004>
50. Huggins, D. N., LaRue, R. S., Wang, Y., Knutson, T. P., Xu, Y., Williams, J. W., Schwertfeger, K. L. (2021). Characterizing Macrophage Diversity in Metastasis-Bearing Lungs Reveals a Lipid-Associated Macrophage Subset. *Cancer Research*, 81 (20), 5284–5295. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.can-21-0101>
51. Mantovani, A., Allavena, P., Marchesi, F., Garlanda, C. (2022). Macrophages as tools and targets in cancer therapy. *Nature Reviews Drug Discovery*, 21 (11), 799–820. <https://doi.org/10.1038/s41573-022-00520-5>
52. Ma, R.-Y., Black, A., Qian, B.-Z. (2022). Macrophage diversity in cancer revisited in the era of single-cell omics. *Trends in Immunology*, 43 (7), 546–563. <https://doi.org/10.1016/j.it.2022.04.008>
53. Pombo Antunes, A. R., Scheyltjens, I., Lodi, F., Messiaen, J., Antoranz, A., Duerinck, J. et al. (2021). Single-cell profiling of myeloid cells in glioblastoma across species and disease stage reveals macrophage competition and specialization. *Nature Neuroscience*, 24 (4), 595–610. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00789-y>
54. Timperi, E., Gueguen, P., Molgora, M., Magagna, I., Kieffer, Y., Lopez-Lastra, S. et al. (2022). Lipid-Associated Macrophages Are Induced by Cancer-Associated Fibroblasts and Mediate Immune Suppression in Breast Cancer. *Cancer Research*, 82 (18), 3291–3306. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.can-22-1427>

## АНОТАЦІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.354912

**ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ, ПОПУЛЯЦІЙНИХ, БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ, ТОКСИКОЛОГІЧНИХ ТА ФАРМАКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З РИЗИКАМИ ВПЛИВУ ПОШИРЕНИХ ЕКЗОГЕННИХ РЕЧОВИН НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ (с. 4–11)**

О. В. Філіпцова, О. І. Набока, О. В. Очкур, О. П. Матвійчук

*Метою дослідження* був комплексний аналіз біомедичних аспектів, пов'язаних із таким екзогенним впливом на організм людини, як татуювання, а також власні дослідження відношень та інформованості щодо впливу татуювання на організм людини у виборці населення України та серед осіб, що тимчасово перебували на цій території.

*Матеріали та методи.* У роботі використані статистичний аналіз та метод анкетування. Була розроблена анкета, містила питання, пов'язані зі ставленням до татуювань, і питання, що визначають зв'язок соматичного і психічного здоров'я з бажанням здійснити процедуру татуажу. Для аналізу якісних ознак використовували статистичний критерій  $\chi^2$ .

*Результати та обговорення.* Було виявлено, що більша частина респондентів не мали татуювання (можливо, це було пов'язано з невисоким віком обстежуваних). Аналіз результатів, опрацьованих в ході дослідження виявив такі показники: жінки краще інформовані, ніж чоловіки, приблизно на 11%. Більше респондентів-жінок, ніж респондентів-чоловіків, мали татуювання на час досліджень та бажання нанести його в майбутньому, відповідно показники становлять 12% і 15%. Також, жінки надають рекомендації наносити татуювання частіше на 12%. Виявили суттєво відмінні показники у питаннях, які досліджувалися серед представників різних релігійних конфесій, так, респонденти християнських держав більше інформовані про побічні реакції на тату на 27%. В той же час, кількість респондентів різних релігійних конфесій, які мали татуювання на час досліджень, майже однакова.

*Висновки.* Дослідження подібного масштабу із залученням представників декількох країн з різними соціокультурними умовами проводилося вперше в Україні. Оскільки робота мала інтернаціональний характер, та в ній приймали участь представники різних країн, було встановлено, що представники різних релігійно-конфесійних поглядів різнилися за своїм відношенням до татуювання, що в принципі було передбачуваним. В той же час реальна частка татуюваних осіб серед мусульман та християн статистично не розрізнялась. При вивченні ефектів статевого диморфізму, було показано, що жінки більше обізнані про побічні реакції від тату, але і частіше за чоловіківносять татуювання, та дають поради іншим зробити татуювання

**Ключові слова:** татуювання, екзогенні речовини, статево диморфізм, популяційні розбіжності, біологічні ризики

DOI: 10.15587/2519-8025.2026.356223

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІОХІМІЧНИХ МАРКЕРІВ СИСТЕМНОГО ЗАПАЛЕННЯ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МОДЕЛЯХ ГОСТРОГО ТА ХРОНІЧНОГО УРАЖЕННЯ ОРГАНІВ У ЛАБОРАТОРНИХ ТВАРИН (с. 12–18)**

І. В. Сенюк, Л. В. Галузінська, Н. П. Половко, А. В. Лошаков, К. В. Стрельченко

*Мета дослідження.* Визначення та порівняльний аналіз зазначених маркерів на моделях гострого та хронічного запалення різної локалізації та генезу у лабораторних тварин.

*Матеріали та методи.* Дослідження проведено на таких експериментальних моделях: адреналін-індукований міокардит, тетрахлоретан-індукований гепатит, ультрафіолетова-еритема (УФ-еритема), нефропатія, індукована фолацином, та доксорубіцин-індукована нефропатія.

*Результати.* Визначено вміст загального протеїну, С-реактивного протеїну, креатиніну, сечовини, ТБК-АП, а також активність ензимів цитолізу – АлАТ та АсАТ – на моделях нефропатій. Результати експериментальних досліджень показали гетерогенність змін досліджуваних маркерів залежно від обраної експериментальної моделі.

На моделі УФ-еритеми достовірно збільшувався діаметр еритеми, підвищувався вміст CRP та активність АлАТ, тоді як рівень ТБК-АП на тлі експериментальної патології знижувався. При тетрахлоретан-індукованому-гепатиті спостерігалось підвищення масового коефіцієнта печінки, вмісту CRP і ТБК-АП, а також активності АлАТ та АсАТ на тлі зниження загального протеїну. Адреналін-індукований міокардит супроводжувався збільшенням масового коефіцієнта серця, підвищенням вмісту CRP і ТБК-АП та зростанням активності АсАТ. На обох моделях нефропатії (індукованих фолієвою кислотою та доксорубіцином) відзначалося збільшення масового коефіцієнта нирок; підвищення рівнів креатиніну та сечовини, а також зниження вмісту загального протеїну. Крім того, вміст CRP зростав на тлі обох моделей нефропатії, тоді як рівень ТБК-АП та активність АлАТ і АсАТ достовірно підвищувалися.

*Висновки.* Отримані експериментальні дані свідчать про виражену активацію системного запалення та оксидативного стресу при всіх досліджуваних модельних патологіях. Водночас ступінь і спектр змін біохімічних маркерів відрізнялися залежно від етіологічного чинника та органотропності патологічного процесу

**Ключові слова:** системне запалення, оксидативний стрес, маркери запалення, експериментальні нефропатії, токсичний гепатит, адреналіновий міокардит, УФ-еритема

---

DOI: 10.15587/2519-8025.2026.356113

### ВПЛИВ ЖЕЛАТИНУ НА ВЛАСТИВОСТІ МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ СТРОМАЛЬНИХ КЛІТИН ПРИ КУЛЬТИВУВАННІ ТА ГІПОТЕРМІЧНОМУ ЗБЕРІГАННІ В СКЛАДІ АЛЬГІНАТНИХ КАПСУЛ ТИПУ «ЯДРО-ОБОЛОНКА» (с. 19–29)

О. С. Губеня, Sara Leal Marin, Н. А. Труфанова, Є. Г. Іванов, Birgit Glasmacher, О. Ю. Петренко

Мезенхімальні стромальні клітини (МСК) широко застосовуються в регенеративній медицині та клітинній інженерії, проте традиційні двовимірні системи культивування не відтворюють фізіологічного мікрооточення клітин і обмежують збереження їх функціонального стану.

**Мета.** Метою роботи було дослідити вплив концентрації желатину в ядрі альгінатних капсул типу «ядро–оболонка» на життєздатність, метаболічну активність та просторову організацію мезенхімальних стромальних клітин кісткового мозку людини.

**Матеріали та методи.** Альгінатні капсули типу «ядро–оболонка» отримували методом коаксіального електро-розпилення з використанням альгінатної оболонки та гідрогелевого ядра з різним вмістом желатину (0; 2,5; 5 та 7,5% мас./об.). Реологічні властивості матеріалів ядра та оболонки оцінювали методом ротаційної реометрії. Життєздатність клітин визначали за допомогою флуоресцентного тесту Live/Dead, метаболічну активність — за допомогою тесту Alamar Blue, а просторову організацію клітин аналізували методами світлової та флуоресцентної мікроскопії. Капсули культивували за фізіологічних умов протягом 17 діб, після чого переводили на зберігання за амбінтної температури.

**Результати.** Усі варіанти капсул забезпечували високу життєздатність МСК під час тривалого культивування. Водночас функціональний стан клітин суттєво залежав від складу ядра. Капсули з 2,5% желатину характеризувалися найбільш вираженим зростанням метаболічної активності та формуванням взаємопов'язаних мережеподібних клітинних структур. Підвищення концентрації желатину до 5–7,5% супроводжувалося зниженням метаболічної активності та утворенням компактних клітинних агрегатів. Після зберігання за амбінтної температури (22°C) у всіх групах спостерігалось зниження метаболічної активності, тоді як життєздатність клітин залишалася стабільною.

**Висновки.** Концентрація желатину в ядрі капсул є ключовим фактором, що регулює функціональний стан МСК у тривимірних системах культивування. Альгінатні капсули типу «ядро–оболонка» є перспективною платформою для короткочасного зберігання та транспортування клітин із збереженням їх життєздатності та структурної організації

**Ключові слова:** мезенхімальні стромальні клітини, альгінатні капсули, системи типу «ядро–оболонка», желатин, тривимірне культивування клітин, метаболічна активність, життєздатність клітин, інкапсуляція клітин, амбінтне зберігання, тканинна інженерія

---

DOI: 10.15587/2519-8025.2026.356317

### ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ МАКРОФАГІВ НА КАНЦЕРОГЕНЕЗ І ЗАПАЛЕННЯ (с. 30–37)

А. Д. Андрющенко

**Мета.** Метою дослідження є визначення впливу макрофагів на канцерогенез і запалення. Порушення функціонування цієї системи контролю призводить до патології та розвитку хронічного запалення. Проаналізовано кореляцію хронічного запалення та злоякісних пухлин, яка спостерігається у разі захворювань кишечника як неспецифічний виразковий коліт та хвороба Крона.

**Матеріали та методи.** Матеріалами роботи було обрано публікації з даними клінічних та експериментальних досліджень, які показують, що макрофаги здатні підтримувати прогресію та метастазування солідних пухлин. Методами даної роботи є систематизація аналізу сучасних досліджень визначення впливу макрофагів на канцерогенез і запалення з акцентом на теоретичні основи, експериментальні дані та технологічні інновації.

**Результати.** Результатом роботи є доведення, що при хронічному запаленні в тканині одночасно активовані два процеси:

1) пошкодження тканини патогеном (або бактерицидною активністю макрофагів); 2) стимуляція регенерації. Достатня кількість літературних даних свідчить, що спектр цитокінів пухлинного оточення є важливим для формування фенотипу макрофагів.

Це твердження дозволяє пояснити асоціацію кількості пухлинних макрофагів, що спостерігалася, з хорошим прогнозом. Можливо, що в цих випадках макрофаги набувають імунологічно нейтрального фенотипу або навіть зберігають

деякі цитотоксичні властивості, таким чином, що вони або не інтерферують з протипухлинною імунною відповіддю, або навіть беруть активну участь. Визначено, що активовані макрофаги є основним джерелом ростових факторів та цитокінів TGF- $\beta$ 1, PDGF,  $\beta$ EGF, TGF- $\alpha$  IGF-I-II, TNF та IL-1, які відіграють ключову роль у регуляції активності клітин, що відновлюють пошкоджену тканину.

**Висновки.** Висновки роботи сформульовано на основі аналізу даних наукової літератури, що дозволяє стверджувати, що макрофаги другого типу відіграють важливу роль у прогресії пухлини. Доведена здатність макрофагів виробляти широкий спектр протеїназ, включаючи uPA та MMP-9. У літературних даних із використанням мишачих моделей встановлено, що в процесі інвазії макрофаги були присутні у місцях порушення базальної мембрани та виходу пухлинних клітин. Обґрунтовано, що макрофаги беруть участь у процесах інвазії та метастазування пухлин

**Ключові слова:** активація тромбоцитів, PDGF, цитокіни, запалення, ініціація пухлин, знищення патогенів, стимулювання ангиогенезу, регенерація тканин