Р.О. Коломієць, ст. викл.
Д.С. Морозов, ст. викл.
О.В. Грек, аспір.
Житомирський державний технологічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОВОГО РОЗРЯДУ В ДЕРМАТОЛОГІЇ

Обробка ран та медичного устаткування холодною плазмою – один з найбільш перспективних напрямків розвитку біомедичних технологій. З допомогою низькотемпературної повітряної плазми атмосферного тиску можна контролювати, стимулювати, каталізувати біологічні процеси в живих тканинах. Обробка живих тканин плазмою дає терапевтичний ефект при стерилізації і загоєнні ран, зупинці кровотеч, при лікуванні ряду різних захворювань. Це явище може бути застосоване до будь-яких термочутливих поверхонь тіла людини, включаючи шкіру і слизові оболонки. Також низькотемпературна плазма іноді є вдалою альтернативою антибіотикам, вона має яскраво виражену бактерицидну дію, при цьому не здійснюючи руйнівного впливу на організм.

Основним методом отримання холодної плазми для використання в медичних цілях є газовий розряд. Метод реалізується за допомогою потоку гелію, аргону або повітря (в даному випадку мається на увазі холодна атмосферна плазма) через діелектричну трубку, яка містить електроди, між якими створюється різниця потенціалів від 5 до 40 кіловольт. В кінці труби міститься діафрагма з невеликим отвором, крізь яку проходить плазма, яка утворює тонку голку або плазмовий джет. Цей плазмовий потік спрямовується на об'єкт. Такий метод отримання та використання холодної плазми в медичній галузі носить назву «pin-to-hole». Такі прилади використовуються для обробки невеликих ран та у стоматології. Обробка плазмою ведеться на невеликій області, але із збільшеною інтенсивністю. Генератори плазми подібного типу можуть бути об’єднані у набір, що дозволяє істотно збільшити область оброблення, але при цьому також пропорційно збільшується і енергія, необхідна для утворення холодної плазми у такій кількості.

Наступним типом газового розряду, який широко використовується у медичній практиці є «dielectric barrier discharge», або поверхневий розряд на діелектрику. Цей тип розряду відзначається тим, що плазма утворюється на межі повітря-діелектрик тоді, коли до діелектрика підноситься об’єкт, який має ємнісний електричний зв’язок з землею. По інший бік діелектрика розміщується металевий електрод, на який поступає висока напруга. Цей тип приладів потребує дещо більшої напруги для утворення плазми, ніж у випадку розряду типу “pin-to-hole”, оскільки електрична енергія тут витрачається не тільки на іонізацію повітря, але і на поляризацію діелектрика. Сам діелектрик виконує роль захисту від ураження електричним струмом, тому прилади типу “dielectric barrier discharge” можуть працювати при меншій робочій частоті, що суттєво спрощує їх схемотехніку. Головною перевагою приладів такого типу є те, що обробка холодною плазмою ведеться на поверхні, плазмою великих площ (стерилізація медичного інструменту, терапія опіків, шкірних доброякісних та злоякісних новоутворень). Прилади типу “dielectric barrier discharge” в цілому мають простішу конструкцію порівняно з приладами типу “pin-to-hole”, але і менше можливостей керування параметрами холодної плазми.

На сьогоднішній день, на ринку плазмових медичних приладів доступні пристрої для плазмової обробки MicroPlaSterβ, HandPlaSter, Plazon, і інші. Вони працюють за принципами, описаними вище.

Основні фактори впливу низькотемпературної плазми:

- електромагнітні поля;
- ультрафіолетове випромінювання;
- заряджені частинки – електрони та іони;
- радикали - оксигеновмісні (ROS: O, O2-, O3, H2O2). Вплив на метаболізм клітин, клітинні мембрани, окиснення ліпідів, протеїнів, ДНК;
- радикали – азотовмісні (RNS: N, NO, NO2, NO3, N2O5). Вплив на клітини, клітинна сигналізації;
- плазма генерує коктейль з активних частинок, радикалів, іонів – важливих для біомедичних пристроїв.

Вплив електромагнітного поля холодної плазми на клітини пояснюється тим, що кліткові мембрани пронизані порами, які регулюють транспорт частинок в середину клітин. Ефекти доз впливу холодної плазми різні, наприклад малі дози застосовуються для стерилізації, згортання крові, середні дози використовують для профілактики клітин, апоптозу ракових клітин. Високі дози призводять до смерті клітин, дуже високі до некрозу.

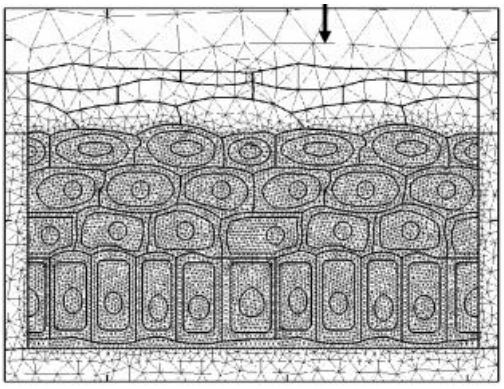
Один із прикладів застосування холодної плазми зображено схематично в математичній моделі «Плазма-Шкіра людини» (рис. 1).

© Р.О. Коломієць, Д.С. Морозов, О.В. Грек, 2017

а) *б)*

Рис.1. Модель взаємодії плазмового струменя зі шкірою.

а) Модель «Плазма-Шкіра», палець використовується, як плаваючий електрод;
б) Будова шкіри;
в) Епідерма.



Плазмові технології все ширше застосовуються в дерматології, а саме для регенерації шкіри, її омолодження та лікування зморшок. Застосування плазмового струменю індукує контрольоване мікропошкодження в шкірі, що призводить до продукції колагену, зменшення еластичних волокон і перебудови шкірної архітектури, що може бути підтверджена гістологічно. До того ж, такий спосіб може бути використаний в терапії, зокрема, кератозу шкіри, вірусних папілом, шрамів, порушення пігментації або в поєднанні з естетико-хірургічними процедурами. Дієвим є застосування холодної плазми для терапії апетичного дерматиту. Вплив холодною плазмою на протязі 2 днів на золотистий стафілокок призводить до його зниження більш ніж в десятки разів, в той час як фізіологічна флора шкіри з епідермальним стафілококом залишається неушкодженою. Низькотемпературна плазма стимулює загоєння ран, призводить до інактивації мікроорганізмів, коагуляції крові, тому її доцільно застосовувати також для лікування гнійних ран в дерматології і не тільки.

Висновки. Розглянуто два основні методи отримання холодної плазми за допомогою газового розряду: «pin-to-hole» та «dielectric barrier discharge», їх переваги, та недоліки в порівнянні один з одним. Для наглядного прикладу взаємодії холодної плазми з живими тканинами наведена математична модель “Плазма-Шкіра людини”. Так, як холодна плазма спричиняє інактивуючу дію на хвороботворчі бактерії та мікроорганізми, ці її властивості широко застосовуються в дерматології. Як висновок, подальші дослідження мають гарну переспективу для розвитку та поглиблення.