

УДК 537.8,615.84

ЕЛЕКТРОПОРАЦІЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ТА БЕЗБОЛІСНИЙ СПОСІБ ЛІКУВАННЯ ШКІРИ

Худецький І.Ю., Антонова-Рафі Ю.В., Скринська О.С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В сучасному світі краса це наше все. Щоб позбутися небажаних недоліків шкіри ми готові на все. Електропорація являється ефективним та безболісним методом повернення здоров'я нашій шкірі. При даному методі електромагнітний імпульс пронизує всі шари шкіри, відкриваючи пори в її клітинах. Даний метод забезпечує його використання для вирішення різних проблем, як моделювання фігури, місцеве блокування болю, лікування акне та зморшок та ін. Завдяки відкриттю пор в клітинах шкіри, в клітини потрапляє до 90-95% необхідних речовин, що допомагає зменшити витрати ліків.

Ключові слова: аквапорація, електропорація, електричний пробій, косметологія.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день проблемна шкіра є однією з болючих тем для людей будь якої статі та будь якого віку. Акне, зморшки, нерівність шкіри, рубці – все це заважає насолоджуватися життям, знайти роботу, спілкуватися з людьми. Людська шкіра першою приймає на себе удари забрудненого навколишнього середовища, хлорованої води, неякісної косметики. Нажаль ми, все ускладнює-

мо неправильним харчуванням, недосипанням і постійними стресами.

Кожен день створюються нові формули для кремів та лосьйонів. Використовують натуральні сировини, кажучи що це найкраще для нашої шкіри. Створена велика кількість апаратів, що допомагають позбутися жахливих проблем зі шкірою, що допомагають кремам діяти більш ефективно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В косметології існують різноманітні способи боротьби з найбільш важливими проблемами як акне та зморшки.

Шкірні ураження виникають у результаті порушення метаболізму в шкірі і зниження активності ферментів. Сучасні косметологічні засоби, як правило, спрямовані на усунення наслідків основних причин атрофії шкіри: порушення функції антиоксидантної системи, інсоляція, зневоднення. Найбільш ефективні засоби омолодження шкіри є прямими або опосередкованими біологічними стимуляторами репаративних процесів дерми. Це гіалуронова кислота, вітаміни, білкові розчини, мікро- і макроелементи. Дані препарати часто викликають алергічні реакції, надлишкову запальну реакцію після місцевого введення [1].

Використання апаратної косметології для лікування шкіри є одним з найкращих та дієвих методів. Нажаль не всі апаратні методи являються комфортними. Зазвичай необхідно 8-10 сеансів процедури з інтервалом в 7-14 днів, оскільки після деяких апаратів, наприклад лазерного пілінгу, відбувається травмування шкірного покриву, що викликає регенерацію шкіри. Також такі методи як пілінг (лазерний чи ін.) в залежності від необхідності процедури поділяються на поверхневий, середній та глибокий, відповідно до шару шкіри на який відбувається вплив. Наприклад при глибоких зморшках, або ж при тяжкому вугровому висипу необхідно провести середній або навіть глибокий пілінг. Таке пошкодження шкіри потребуватиме значно більшого часу на регенерацію.

Трансдермальні терапевтичні системи 2-го покоління – іонофорез, сонофорез, електрофорез і ультразвук. Іонофорез передбачає використання зовнішнього електричного поля для транспортування зарядженої лікарської молекули крізь шкіру. Серед неінвазивних методів низькочастотний ультразвук показав хорошу ефективність при транспорті різних молекулярних сполук як *in vivo*, так і *in vitro*. У клінічних дослідженнях доведено, що використання ультразвуку з частотою 48 кГц підсилює трансдермальний транспорт інсуліну у хворих на діабет щурів [2]. Область застосування сонофореза поки не визначена. Але вже доведено, що ультразвукові хвилі, розриваючи роговий шар і викликаючи розкриття пір, істотно полегшують трансдермальний транспорт різних лікарських молекул [3]. Електрофорез передбачає використання високовольтного мілісекундного імпульсу і розрахований на створення в роговому шарі транзитних шляхів для великих лікарських молекул. Але зовнішній високовольтний імпульс може викликати серйозне пошкодження шкіри [2].

До трансдермальної терапевтичної системи 3-го покоління відносять електропорацію. При електропорації в біслоюній ліпідній мембрані виникає локальна перебудова структури, яка веде до появи оборотних наскрізних водних каналів. Транспорт низькомолекулярних іонізованих речовин по цих каналах кількісно перевищує такий при електрофорезі і ультрафонофорез в 4-10 разів [2]. Трансдермальна доставка дає ряд незаперечних переваг у порівнянні з традиційними методами. В першу чергу вдається уникнути

первинного проходження ліків через шлунково-кишковий тракт і пов'язаних з цим навантажень і трансформацій. Більш того, неінвазивне перенесення атравматичне і не несе ризику ускладнень, наприклад, таких як при традиційній ін'єкційній мезотерапії – сильні болі, петехії і гематоми, лінійні некрози, інфекційні ускладнення і ін. [1].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. У багатьох країнах випускаються апарати для електропорації з різним цільовим призначенням. Найбільш численну групу складають апарати, призначені для використання в косметології та дерматології [4]. Всі апарати створені закордонними фірмами.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є теоретичне моделювання електропорації, що показує її дієвість та необхідність створення електричної схеми електропоратора для подальшого дослідження.

Виклад основного матеріалу. Електропорація або аквапорація – це електричний пробій клітин під дією електромагнітних імпульсів для створення пор (рис. 1). Таким чином відбувається трансдермальна доставка необхідних речовин, навіть в глибокі шари шкіри.

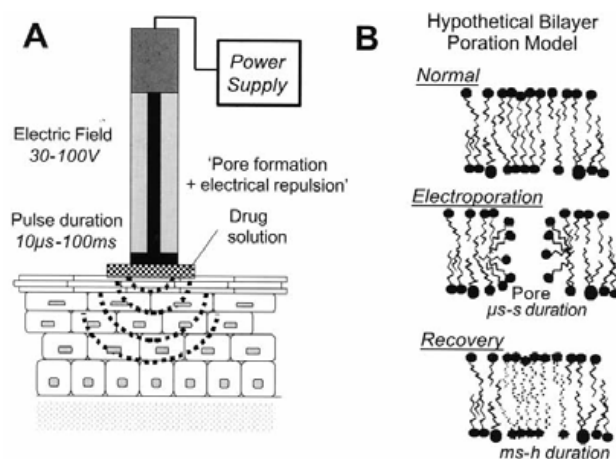


Рис. 1. Електропорація: А – розповсюдження електромагнітних імпульсів, В – створення тимчасових пор [6]

Електричні імпульси впливають на клітинні мембрани, зокрема, на зв'язок ліпідів в міжклітинних просторах, викликаючи ланцюжок молекулярних змін, а вони вже в свою чергу формують мікропори – канали, через які проникає лікувальна косметика. Таким чином електропорація підвищує проникність шкіри, зокрема, в роговому шарі епідермісу.

Процес електропорації направлений на клітини, оскільки вони являються структурним елементом тканини. Тимчасова електропорація дозволяє створити в мембрані клітини відкриті пори достатніх розмірів, щоб забезпечити надходження необхідних речовин всередину клітин. На клітини діє імпульс, і коли мембранний потенціал перевищує деяке порогове значення, пори в мембрані клітини відкриваються і залишаються відкритими близько 30 с. Мембрана дестабілізується за допомогою електричного поля, яке використовує електростатичні сили, щоб м'яко перевести водні розчини в мембрану [5]. Під дією електричного

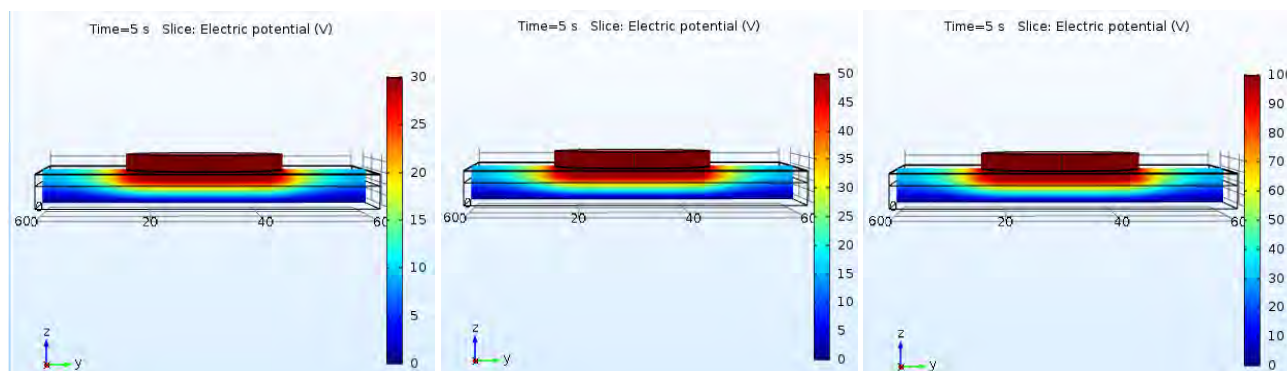


Рис. 2. Моделювання електропорації з імпульсами в 30В, 50В та 100В (зліва на право відповідно)

поля молекули ліпідів переорієнтовуються, створюючи гідрофільні пори. Створення пор зумовлене відносно слабкою природою гідрофобно-гідрофільного зв'язку фосфоліпідного біслою. Пори утворюються в три етапи: під дією електричного поля в клітинній мембрані з'являються водні дефекти, якщо вони досить стабільні, то призводять до створення водного депо (гідрофобних пор) через мембрану [6]. В результаті фосфоліпіди перестроюються з утворенням більш стабільних гідрофільних пор (рис. 1 В). Часу існування пор достатньо для проникнення в клітину вибраних речовин. Після дії електричного імпульсу пори в мембрані зникають.

В процесі електропорації косметолог завдає ретельно підібраний комплекс косметичних засобів (активних інгредієнтів), спеціально обраних для кожного клієнта в індивідуально з урахуванням проблеми.

Згідно з основними даними, що до будови шкіри та інформацією про вихідні дані існуючих електропораторів (напруга від 30 В до 100 В, струм до 1,5 мА, прямокутний тип імпульсів), було створено модель розповсюдження електромагнітних прямокутних імпульсів в шкірі (рис. 2). Модель була створена за допомогою програми COMSOL 5.2. Моделювання проводилося на шкірі розміром 60x60 мм з наступними товщинами: епідерміс – 0,15 мм, дерма – 2 мм та гіподерма – 4 мм.

Як видно з рис. 2, електропорація відбувається на всіх шарах шкіри. Дана модель підтверджує, що за допомогою електропорації ми не лише вводимо ліки в клітини поверхневого шару шкіри, але також можливо використовувати даний метод для коригування фігури, живлення волоссяних фолікулів, місцевого блокування болю.

Таким чином один апарат може виконувати різні задачі, в залежності від необхідності

та вибору препарату. При моделюванні фігури (знищенню жиру) використовуються препарати, що спалюють жирові клітини. Для покращення стану волосся, використовують вітамінні коктейлі, які дадуть необхідне живлення волоссяним фолікулам. При місцевому блокуванні болю, достатньо використовувати безболіючі гелі, і за рахунок електропорації обезболююча речовина швидше заблокує сигнал болю, який нерви надсилають в мозок. При лікуванні шкірних проблем таких як акне, зморшки та ін., косметолог вибирає необхідні речовини (вітаміни, колаген тощо), щоб відновити природний вигляд шкіри.

Висновки і пропозиції. Згідно з вище вказаними графіками, електропорація є найефективнішим та безболісним способом лікування шкіри. Оскільки апарат дозволяє проникати лікам в середину клітин, даний метод також можна використовувати при больових синдромах, наприклад після ампутації. Також електропорація відновить баланс речовин в клітинах тканини в післяопераційний період, знижуючи набряк. Таким чином апарат буде корисним для застосування не лише в косметології але і в реабілітації.

Також можливе поєднання процедури електропорації з іншими процедурами, наприклад ультразвуковою чисткою лица, щоб очистити шкіру та підготувати її до процедури. Або ж можливо додати до апарату фотоелемент, який в залежності від хвилі дії, може забезпечити антибактеріальний ефект або заспокійливий.

Електропорація не викликає неприємних відчуттів під час процедури та не має таких побічних реакцій як почервоніння шкіри, або ж її набряк, цим самим забезпечує комфортне відчуття після процедури. Завдяки прямому проникненню ліків в пори клітин, можливо зменшити затрати ліків (нанесення на шкіру), оскільки збільшується відсоток їх проникнення.

Список літератури:

1. Аппаратные методы в косметологии. Программы ухода за лицом с элементами косметологической психологии / [Е.Н. Чухраева, Г.В. Терехов, А.В. Униченко та ін.]. – Киев: Radom, 2018. – 138 с. – (ISBN 9781387537341; кн. 1).
2. Drug delivery: дерматологический аспект / С.И. Чекман, В.Е. Коляденко, В.Т. Звягинцева, О.А. Сырова // Український журнал дерматології, венерології, косметології. – 2010. – С. 20-27.
3. Escobar Chavez J.J., Bonilla Martinez D., Villegas Gonzalez M.A. et al. Use of Sonophoresis in the administration of drugs through the skin // J. Pharm. Pharmaceut Science. – 2009. – Vol. 12, № 1. – P. 88-115.
4. Научно-теоретическое обоснование сочетания ботулинотерапии и аппаратных методов в косметологии / А.Я. Юцковская, Н.И. Кизей, Е.В. Тимошенко, О.Р. Орлова // Инъекционные методы в косметологии. – 2011. – С. 44-52.

5. Необратимая электропорация с использованием системы "NanoKnife" в лечении рака поджелудочной железы (клиническое наблюдение) / [Д.Н. Панченко, Ю.В. Иванов, Н.А. Соловьев та ін.]. // *Анналы хирургической гепатологии*. – 2014. – № 1. – С. 50-54.
6. Tian T. Electroporation of cell membranes / Tsong Tian // *Biophysical Journal*. – 1991. – № 60. – С. 297-306.

Худецкий И.Ю., Антонова-Рафи Ю.В., Скринская А.С.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ЭЛЕКТРОПОРАЦИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ И БЕЗБОЛЕЗНЕННЫЙ СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ КОЖИ

Аннотация

В современном мире красота это наше все. Чтобы избавиться от нежелательных недостатков кожи мы готовы на все. Электропорация является эффективным и безболезненным методом возвращения здоровья нашей коже. При данном методе электромагнитный импульс пронизывает все слои кожи, открывая поры в ее клетках. Данный метод обеспечивает его использование для решения различных проблем, как моделирование фигуры, местное блокирование боли, лечение акне, морщин и др. Благодаря открытию пор в клетках кожи, в клетки попадает до 90-95% необходимых веществ, что помогает уменьшить затраты лекарств.

Ключевые слова: аквапорация, электропорация, электрический пробой, косметология.

Khudetsky I.J., Antonova-Rafi J.V., Skrynska O.S.

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ELECTROPORATION AS AN EFFECTIVE AND AN UNPAINFUL WAY OF TREATING SKIN

Summary

In the modern world, beauty is our everything. To get rid of unwanted skin imperfections, we are ready for anything. Electroporation is an effective and painless method to restore the health of our skin. With this method, the electromagnetic impulse penetrates all layers of the skin, opening the pores in its cells. This method provides its use for solving various problems, such as modeling of the figure, local pain blocking, acne and wrinkle treatment, etc. 90-95% of the necessary substances enter the cells during the opening cell's pores in the skin.

Keywords: aquaporation, electroporation, electrical breakdown, cosmetology.