

SYMULEWICZ, Michał, KOROL, Filip, EDYKO, Paweł, JACHOWICZ, Krzysztof, DOBEK, Adam, SUWAŁA, Zuzanna, MINKNER, Mikołaj, EDYKO, Krzysztof, BIEŃKOWSKI, Borys and WÓJCIK, Bartłomiej. New technologies in the surgical treatment of wounds. *Journal of Education, Health and Sport*. 2023;46(1):22-34. eISSN 2391-8306.
<https://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2023.46.01.002>
<https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/45425>
<https://zenodo.org/record/8281065>

The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of 17.07.2023 No. 32318. Has a Journal's Unique Identifier: 201159. Scientific disciplines assigned: Physical Culture Sciences (Field of Medical sciences and health sciences); Health Sciences (Field of Medical Sciences and Health Sciences). Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 40 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 17.07.2023 Lp. 32318. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201159. Przypisane dyscypliny naukowe: Nauki o kulturze fizycznej (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu); Nauki o zdrowiu (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu).
© The Authors 2023;
This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author (s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non commercial license Share alike.
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 30.07.2023. Revised:21.08.2023. Accepted: 25.08.2023. Published: 29.08.2023.

New technologies in the surgical treatment of wounds

Nowe technologie w chirurgicznym leczeniu ran

Michał Symulewicz¹, Filip Korol², Paweł Edyko³, Krzysztof Jachowicz⁴, Adam Dobek⁵, Zuzanna Suwała⁶, Mikołaj Minkner⁷, Krzysztof Edyko⁸, Borys Bieńkowski⁹, Bartłomiej Wójcik¹⁰

¹ Independent Public Complex of Health Care Centers in Kozienice, Kozienice, Poland

<https://orcid.org/0009-0004-2177-6040>
michalsymulewicz@gmail.com

² Medical University of Lodz, Poland

<https://orcid.org/0009-0005-8221-2393>
filip.korol@gmail.com

³ Medical University of Lodz, Poland

<https://orcid.org/0009-0009-6764-3434>
edyko.pawel@gmail.com

⁴ Central Clinical Hospital of Medical University of Lodz, Poland

<https://orcid.org/0009-0005-8075-6266>
krzysztofjacho@gmail.com

⁵ Medical University of Lodz, Poland

<https://orcid.org/0000-0002-9675-1938>

adamdobek41@gmail.com

⁶ Norbert Barlicki Memorial Teaching Hospital No. 1 of the Medical University of Lodz, Lodz, Poland

<https://orcid.org/0009-0006-8838-4863>

suwala.zuzanna96@gmail.com

⁷ Central Clinical Hospital of Medical University of Lodz, Poland

<https://orcid.org/0009-0007-6908-4758>

mikolajminkner@op.pl

⁸ Central Clinical Hospital of Medical University of Lodz, Poland

<https://orcid.org/0009-0004-5801-4269>

krzysztof.edyko@gmail.com

⁹ Copernicus Memorial Hospital, Lodz, Poland

<https://orcid.org/0009-0008-7027-2358>

bb.bienkowski@gmail.com

¹⁰ Warsaw Institute of Women's Health, Warsaw, Poland

<https://orcid.org/0000-0002-6118-9199>

wajsino@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Many wounds are treated surgically. For many years the method itself consisted mainly in cleaning the wounds and bringing its edges closer together, either by strips for closing the wounds or by suturing the wound with classic sutures or staples.

Recently, new methods have emerged to support wound healing, which are discussed in this article.

Materials and methods: The basis of the work were medical articles collected in the PubMed database. The research was conducted by analyzing key words such as: "surgical treatment of wounds", "new technologies in wounds", "wound healing and new technologies", "dressings in wound treatment", "new methods of accelerating wound healing".

Results: In the process of surgical wound treatment the basis is still the closure and connection of the edges of the wounds, which prevents infections, accelerates healing and improves the cosmetic effect. However this is not the final stage of wound healing. Equally important is the subsequent appropriate selection of the dressing - appropriate in terms of its composition of active substances and absorption properties. The choice of the right dressing has a large impact on the final effect and the avoidance of infections or the subsequent appearance of the scar. Now we also have many new technologies to help heal wounds. They help not only to reduce the risk of infection, but also accelerate the healing process and shorten the treatment time.

Key words: new technologies; surgery; wounds; treatment; wound dressing;

STRESZCZENIE

Wprowadzenie: Wiele ran zaopatrywanych jest w sposób chirurgiczny. Od wielu lat sama metoda polegała głównie na oczyszczeniu ran oraz zbliżeniu do siebie jej brzegów, czy to przez paski do zamykania ran – popularnie nazywanych stripami, czy też przez zszywanie ran poprzez klasyczne szwy lub zszywki. W ostatnim czasie pojawiły się nowe metody wspomagania leczenia ran, które zostały omówione w tym artykule.

Materiał i metody: Podstawą pracy były artykuły medyczne zgromadzone w bazie PubMed. Badania przeprowadzono analizując słowa kluczowe takie jak: „chirurgiczne leczenie ran”, „nowe technologie w ranach”, „gojenie się ran i nowe technologie”, „opatrunki w leczeniu ran”, „nowe metody przyspieszenia gojenia się ran”.

Wyniki: W procesie chirurgicznego leczenia ran nadal podstawą jest zamknięcie oraz połączenie ze sobą brzegów ran, co zapobiega zakażeniom, przyspiesza gojenie oraz polepsza efekt kosmetyczny. Jednakże nowe należy mieć na uwadze, że nie jest to końcowy etap leczenia ran. Równie ważne jest późniejszy odpowiedni dobór opatrunku – odpowiedni co do swojego składu substancji czynnych, właściwości absorpcyjnych. Dobór właściwego opatrunku wpływa w dużej mierze na efekcie końcowym oraz na unikaniu zakażeń czy późniejszym, wyglądzie blizny. Obecnie mamy do pomocy również wiele nowych technologii pomagających w leczeniu ran. Pomagają one nie tylko na zmniejszenie ryzyka zakażenia, ale również przyspieszają proces gojenia oraz skracają czas leczenia.

Słowa kluczowe: nowe technologie; chirurgia; rany; leczenie; opatrunek na ranę;

Wprowadzenie

Sama w sobie rana jest przerwaniem anatomicznej ciągłości tkanki. Rany mogą być podzielone ze względu na różne kryteria, takie jak głębokość, przyczynę, rodzaj uszkodzenia, czy ryzyko zakażenia. Podział ze względu na głębokość: rany powierzchowne oraz głębokie. Ze względu na przyczynę możemy podzielić je na: otarcia i zadrapania, rany cięte, tłuczone, rąbane, miażdżone, szarpane, klute, kłusane, płatowe oraz rany z ubytkiem skóry lub tkanek głębszych. Ze względu na stopień komplikacji i możliwych powikłań możemy je podzielić na rany proste, złożone oraz powikłane. Kolejnym możliwym podziałem jest podział ze względu na ryzyko zakażenia: rany czyste, czyste skażone, skażone, o dużym skażeniu i rany stare [1].

Gojenie się ran jest wypadkową wielu procesów zachodzących w organizmie, szczególnie molekularnych oraz biologicznych. Upośledzenie tych zdarzeń mogą wynikać z powodu pewnych stanów patofizjologicznych i metabolicznych. Dzięki rozwojowi technologii oraz złożoności ran chirurdzy stykają się w dzisiejszych czasach z coraz to bardziej skomplikowanymi ranami, którymi muszą się zajmować w swojej codziennej praktyce. Często wiąże się to również ze zwiększeniem ilości powikłań oraz komplikacji w procesie leczenia tychże ran [2].

Proces gojenia się większości ran chirurgicznych, w których mamy do czynienia z rozejściem się jej brzegów zaczyna się od zamknięcia rany. Ma to na celu przyspieszenie procesu gojenia oraz polepszeniu efektu kosmetycznego z jednoczesnym zmniejszonym ryzykiem powikłań. Szwy mogą być ciągle lub przerywane a materiał, z którego są wykonane, może być naturalny, syntetyczny, wchłaniany lub niewchłaniany, pojedynczy lub pleciony. Wybór odpowiedniego szwu zależy od operatora i zależy od wielkości, rodzaju tkanki oraz miejsca na ciele. Oprócz szwów w zamykaniu ran używa się również pasków do bezurazowego zamykania ran, tzw. stripy oraz zszywek chirurgicznych przy użyciu tak zwanego staplera. Te ostatnie wykonane mogą być ze stali nierdzewnej lub materiałów wchłanianych [3].

W procesie gojenia się rany jak również w braku jej infekcji duże znaczenie ma również, poza samym zabiegiem zaopatrzenia rany, odpowiednie założenie opatrunku, który najlepiej przyspieszy proces gojenia oraz zapobiegnie jej zainfekowaniu. Obecnie na rynku mamy wiele dostępnych opatrunków z licznymi substancjami aktywnymi, co również stanowi kolejne wyzwanie odnalezienia się w doborze jak najlepszego z nich [4].

Niniejsza praca na celu przegląd oraz zaprezentowanie obecnego stanu wiedzy na temat nowych technologii stosowanych w chirurgicznym leczeniu ran.

Chirurgiczne leczenie ran w przeszłości

Samo chirurgiczne leczenie ran znamy z licznych podań oraz opisów historycznych. Pierwsze opatrunki w historii człowieka możemy obserwować od czasu starożytnego Egiptu, kiedy to nakładali oni na rany bandaże nasączone tłuszczem. Przez wiele lat opatrunki nie były okluzyjne, wysychały oraz przylegały do ran, przez co przy ich zdejmowaniu mogły powodować powstawanie otwierania się ponownego ran oraz spory ból pacjentów. Dopiero w latach 80-tych XX wieku skupiono się o wiele bardziej na samym opatrywaniu ran opatrunkami wilgotnymi oraz rozwinięto nasączanie ich odpowiednimi środkami, które pomagały znacznie w ich gojeniu [5].

Pierwsze doniesienia dotyczące chirurgicznego szycia ran sięgają już 150r. n.e. W pismach Galena z Pergamonu opisuje on szycie ran gladiatorów przy pomocy skręconych jelit owiec lub kóz – katugutu. Materiał ten był później nadal wykorzystywany i w XIX wieku Joseph Lister odkrył możliwość pozostawienia szwów jelitowych w ciele po wcześniejszej ich sterylizacji. Przez lata dokonywał się rozwój wykorzystywanych nici, materiału, z którego

były wykorzystywano oraz samych igieł używanych do przekłuwania powłok. W 1915r. George F. Merson opatentował pierwszą igłę bez oka, w której końcu igły i nici były ze sobą połączone, co pozwoliło na zmniejszenie ran spowodowanych przez przechodzenie przez rany nici podwójnych [6].

Obecnie stosowane metody zamykania ran

W dzisiejszych czasach przy zaopatrywaniu ran chirurgicznych skupiamy się na dwóch kluczowych aspektach: zbliżeniu do siebie brzegów rany, co spowodować ma przyspieszenie gojenia, polepszenia efektu kosmetycznego [3] oraz odpowiedniej dezynfekcji, ewentualnej antybiotykoterapii i zapobieganiu infekcji. Takie zakażenie może doprowadzić do wydłużenia czasu hospitalizacji, powstawaniu większych, bardziej widocznych blizn, zwiększenie ryzyka komplikacji oraz samego kosztu leczenia pacjenta, u którego doszło do zakażenia [7].

Obecnie większość ran chirurgicznych zamykana jest za pomocą szwów lub zszywek przy pomocy staplera. Zastosowanie szwów pozwala uzyskać lepszy wygląd kosmetyczny rany po wykonanym zabiegu w porównaniu do użycia zszywek, jednakże nie udowodniono zmniejszenia ilości powikłań pooperacyjnych, częstości ponownych hospitalizacji, wystąpienia infekcji czy też bólu pooperacyjnego przy wyborze którejś z wyżej wymienionych metod [8].

Inną metodą zamykania ran chirurgicznych jest użycie pasek do zamykania ran – potocznie zwane stripami. Są one szczególnie przydatne w ranach stosunkowo płytkich, nierozległych oraz w miejscach, w których nie dochodzi do zwiększonego napięcia powłok skóry. Ich zaletą jest nieinwazyjność oraz łatwość w ich zakładaniu i zdejmowaniu [9].

Również używanymi są taśmy oraz kleje tkankowe. Powodują one minimalny stan zapalny rany i są stosowane również jako dodatek do szwów tradycyjnych [15].

Opatrunki oraz ich rodzaje

Dużą rolę w leczeniu ran oraz zapobieganiu infekcji pełnią opatrunki zakładane na rany chirurgiczne. Na przestrzeni lat wraz z rozwojem medycyny oraz wzrostu zapotrzebowania na coraz to lepsze zaopatrywanie ran, rósł również rozwój samych

opatrunków pod względem materiałów oraz środków chemicznych, którymi były pokrywane lub nasączone. Selektywna przepuszczalność materiału, z którego wykonany jest dany opatrunek zapewnia barierę przed zakażeniem egzogennym przy jednoczesnej dobrej przepuszczalności powietrza. Na rynku istnieje wiele opatrunków z różnymi środkami chemicznymi a szczególnie dobrze zmniejszającymi ryzyko zakażenia miejsca operowanego są według metaanaliz opatrunki zawierające mupirocynę, chlorek dialkylkarbamoilu oraz witaminę E [10].

Rany goją się szybciej w wilgotnym środowisku. Dlatego ważny jest taki dobór opatrunku, który zarówno odpowiadać będzie zapobieganiu zakażenia jak i przyspieszenia gojenia się rany. Zmieniamy go przeważnie wtedy, gdy wysięk z rany przekroczy zdolności materiału, z którego został wykonany opatrunek do jego absorpcji lub gdy upłynie odpowiednia długość czasu, w której zużywa się substancja czynna danego opatrunku. Dlatego dobór odpowiedniego opatrunku powinien zawierać zarówno odpowiedni skład substancji chemicznej jak i być wykonany z odpowiedniego materiału – dobranego do rodzaju rany i nasilenia wysięku [11].

Na uwadze trzeba mieć również fakt, że proces gojenia się rany nie jest procesem statycznym i jej charakter również zmienia się w czasie. Dlatego inne opatrunki wskazane będą w początkowej fazie gojenia a inne w późniejszym etapie procesu. Do klinicysty należy tutaj rola odpowiedniego doboru opatrunku w zależności od parametrów takich jak: wysięk z rany, jego charakteru, stopnia przylegania brzegów czy też występowania poszczególnych faz w procesie gojenia [12].

Nowe technologie pojawiające się w leczeniu

Obecnie badania nad polepszeniem leczenia ran skupiają się między innymi na: terapii podciśnieniowej (NPWT), interaktywnych opatrunkach miejscowych, opatrunkach hydrożelowych, komórkach macierzystych, tlenoterapią hiperbaryczną, przeszczepy allogeniczne, autogeniczne i heteroprzeszczepy, ultradźwięki oraz elektroterapia [17].

Jedną ze stosowanych metod leczenia ran jest terapia podciśnieniowa NPWT (negative pressure wound therapy). Polega ona na kontrolowanym działaniu ciśnienia niższego od ciśnienia atmosferycznego na ranę poprzez specjalne opatrunki ciśnieniowe. Samo działanie przyspieszające gojenie się ran dzięki zastosowaniu NPWT polega usuwaniu nadmiaru płynu śródmiąższowego i toksycznych mediatorów zapalnych tkanki oraz zwiększeniu natężenia

prolifracji komórkowej w obrębie rany. NPWT zwiększa wielkość ziarniny oraz zmniejsza liczebność kolonii bakterii i przepuszczalności naczyń krwionośnych [2]. Osoby, u których stosowano NPWT po zamknięciu rany chirurgicznie, doświadczyły w badaniach mniej zakażeń miejsca operowanego w porównaniu z pacjentami ze standardowymi opatrunkami. Terapia podciśnieniowa miała również wpływ na zmniejszenie się ryzyka zgonu po operacji. Zastosowanie NPWT nie miało jednakowoż wpływu na rozejście się rany pooperacyjnej a z kolei miała zwiększone ryzyko występowania u pacjentów pęcherzy skórnych w obrębie opatrunku ciśnieniowego [13].

Obecnie prowadzone są badania nad interaktywnymi opatrunkami miejscowymi. Składają się one z materiałów zarówno naturalnych jak i sztucznych. Mają one na celu posiadać strukturę jak najbardziej zbliżoną do do trójwymiarowej struktury macierzy pozakomórkowej, co stymulować ma wzrost zdrowych tkanek oraz przyspieszyć proces gojenia. Oprócz tego interaktywne opatrunki posiadają w swoich strukturach związki alginianu, które zwiększają hemostazę, nawilżenie oraz wchłanianie wysięku przy jednoczesnym umożliwieniu wymiany gazowej. W przyszłości opatrunki te mają pełnić funkcję inteligentnych i uwalniać odpowiednie związki chemiczne w zależności od stopnia zagojenia rany. Obecnie produkcja tych opatrunków jest oparta w głównej mierze na technologii druku 3D oraz nanotechnologii [14].

Stosunkowo nowymi opatrunkami są również nanohydrożele zawierające w swojej budowie kwercetynę oraz kwas oleinowy. Związki te mają zdolności modulowania odpowiedzi immunologicznej organizmu oraz stymulowania gojonych się tkanek do wzrostu. Ponadto kwercetyna ma właściwości przeciwdrobnoustrojowe a kwas oleinowy zwiększa ekspresję wzrostu śródbłónka naczyniowego-alfa (VEGF- α) i interleukiny-1beta (IL-1 β) [16].

Do przyspieszania gojenia się ran stosuje się obecnie również dorosłe mezenchymalne komórki macierzyste, embrionalne komórki macierzyste oraz indukowane pluripotencjalne komórki macierzyste. W przypadku przyspieszenia procesu gojenia głównie używane są mezenchymalne komórki macierzyste ze względu na zdolność do modulowania stanu zapalnego, nasilenia angiogenezy i tworzenia tkanki ziarninowej, działania przeciwbakteryjnego, zmniejszenie blizn i promowanie fibroblastów. Komórki te biorą udział we wszystkich fazach gojenia ran oraz stymulują angiogenezę i tworzenie nabłonka [17].

Leczenie hiperbaryczną terapią tlenową ma zastosowanie w leczeniu przewlekłych ran. Badaniami potwierdzono skuteczność jej działania w przypadku leczenia owrzodzeń spowodowanych cukrzycą w krótkim okresie [18].

Przeszczepy allogeniczne, autogeniczne i heteroprzeszczepy mają szczególne znaczenie w przypadku ran, w których doszło do sporego ubytku skórno, na tyle dużego, że powstała rana nie byłaby w stanie zagoić się bez przeszczepu lub też gojenie to trwało by długi czasu, pozostawiałoby dużą i szpecącą bliznę lub niosło by ze sobą spore ryzyko zakażenia [19].

Ultradźwiękowa terapia ran polega na aktywowaniu akustycznym mikropęcherzyków, które doprowadzane są do oscylacji objętościowych i rozpadowi. Prowadzi to do fizycznego rozpadu biofilmu mikroorganizmów i lepszej penetracji substancji czynnych zawartych np. w opatrunku. Daje to spore nadzieje na przyszłe zastosowanie ultradźwięków w terapii zwłaszcza przewlekłych ran opornych na leczenie farmakologiczne lub znajdujących się w szczególnie trudno dostępnych miejscach [20].

Prądy stosowane podczas elektroterapii stymulują tkankę regeneracji, pobudzają czynniki wzrostu oraz przyspieszają angiogenezę. Zaletą tego rodzaju leczenia ran ma możliwość dobrania odpowiednich przepływów oraz napięć prądu w zależności od danego stanu rany i etapu procesu gojenia się. W przypadku stałego monitorowania rany, można by umożliwić natychmiastową reakcję zwrotną urządzenia oraz dobrania odpowiednich napięć i polepszania całego procesu leczniczego w czasie rzeczywistym [21].

Podsumowanie i wnioski

Chirurgiczne leczenie ran towarzyszyło medycynie niemal od zawsze. Każde przerwanie ciągłości tkanek, niezależnie od przyczyny, należy oczyścić, wyrównać brzegi oraz zbliżyć je do siebie. Możemy to skutecznie przy pomocy szwów klasycznych, zszywek (przy pomocy staplera), pasków (stripów) lub też klejów tkankowych czy taśm. Dzięki temu uzyskujemy szybsze gojenie, lepszy efekt kosmetyczny oraz zmniejszenie ryzyka wystąpienia zakażenia. Dobór wybranej metody należy od operatora i zależy od wielkości rany, rozejścia się jej brzegów czy też lokalizacji.

Kolejnym kluczowym elementem jest zastosowanie odpowiedniego opatrunku na rany, który posiadać będzie odpowiednią substancję czynną oraz właściwości chłonne. Należy pamiętać, że gojenie się ran nie jest procesem statycznym i zależy od wielkości wysięku, etapu gojenia, wystąpienia zakażenia, napięcia tkanek oraz miejsca występowania rany.

Obecnie w gojeniu ran i ich leczenia mamy do wyboru różne metody wspomagania tego procesu. Mamy do dyspozycji szereg udoskonaleń oraz nowych technologii, które ciągle

się rozwijają i pomagają w szybszej regeneracji tkanek. Korzyściami z ich zastosowania są skrócenie czasu leczenia, zmniejszenie blizny z lepszym efektem kosmetycznym, zmniejszeniem ryzyka oraz częstości występowania zakażeń, które mogą zwiększać ryzyko późniejszych komplikacji lub też zgonu.

Bibliografia:

[1] Sankar Sinha. Management of post-surgical wounds in general practice. Aust J Gen Pract. 2019 Sep;48(9):596-599. doi: 10.31128/AJGP-04-19-4921. PMID: 31476832

[2] Alessandro Scalise, Roberto Calamita, Caterina Tartaglione, Marina Pierangeli, Elisa Bolletta, Matteo Gioacchini, Rosaria Gesuita, Giovanni. Improving wound healing and preventing surgical site complications of closed surgical incisions: a possible role of Incisional Negative Pressure Wound Therapy. A systematic review of the literature. Int Wound J. 2016 Dec;13(6):1260-1281. doi: 10.1111/iwj.12492. Epub 2015 Oct 1. PMID:26424609 PMCID: PMC7950088

[3] Giovanni Cochetti, Iosief Abraha, Justus Randolph, Alessandro Montedori, Andrea Boni, Alberto Arezzo, Elena Mazza, Jacopo Adolfo Rossi De Vermandois, Roberto Cirocchi, Ettore Mearini. Surgical wound closure by staples or sutures?: Systematic review. Medicine (Baltimore). 2020 Jun 19;99(25):e20573. doi: 10.1097/MD.00000000000020573. PMID: 32569183 PMCID: PMC7310845

[4] Christina Lindholm, Richard Searle. Wound management for the 21st century: combining effectiveness and efficiency. Int Wound J. 2016 Jul;13 Suppl 2(Suppl 2):5-15. doi: 10.1111/iwj.12623. PMID: 27460943 PMCID: PMC7949725

[5] Douglas Queen, Heather Orsted, Hiromi Sanada, Geoff Sussman. A dressing history. Int Wound J. 2004 Apr;1(1):59-77. doi: 10.1111/j.1742-4801.2004.0009.x. PMID: 16722898 PMCID: PMC7951354

[6] Nikola Lekic, Seth D Dodds. Suture Materials, Needles, and Methods of Skin Closure: What Every Hand Surgeon Should Know. J Hand Surg Am. 2022 Feb;47(2):160-171.e1. doi: 10.1016/j.jhsa.2021.09.019. PMID: 34839964

[7] Wojciech Kolasiński. Surgical site infections - review of current knowledge, methods of prevention. Pol Przegl Chir. 2018 Nov 6;91(4):41-47. doi: 10.5604/01.3001.0012.7253. PMID: 31481640

[8] Giovanni Cochetti, Iosief Abraha, Justus Randolph, Alessandro Montedori, Andrea Boni, Alberto Arezzo, Elena Mazza, Jacopo Adolfo Rossi De Vermandois, Roberto Cirocchi, Ettore

Mearini. Surgical wound closure by staples or sutures?: Systematic review. *Medicine* (Baltimore). 2020 Jun 19;99(25):e20573. doi: 10.1097/MD.00000000000020573. PMID: 32569183 PMCID: PMC7310845

[9] Varah Yuenyongviwat, Khanin Iamthanaporn, Pakjai Tuntarattanapong, Kantapon Dissaneewate, Preyanun Tangjatsakow, Wongthawat Liawrungrueang, Theerawit Hongnaparak. Adhesive strips as the sole method for skin closure is effective in total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2019 Sep-Dec;27(3):2309499019873983. doi: 10.1177/2309499019873983. PMID: 31533548

[10] Nanhui Jiang, Fengying Rao, Jiahong Xiao, Jian Yang, Wei Wang, Zhen Li, Rong Huang, Zhisu Liu, Tao Guo. Evaluation of different surgical dressings in reducing postoperative surgical site infection of a closed wound: A network meta-analysis. *Int J Surg*. 2020 Oct;82:24-29. doi: 10.1016/j.ijssu.2020.07.066. Epub 2020 Aug 25. PMID: 32853782

[11] Kristo Nuutila, Elof Eriksson. Moist Wound Healing with Commonly Available Dressings. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2021 Dec;10(12):685-698. doi: 10.1089/wound.2020.1232. Epub 2021 Feb 11. PMID: 32870777 PMCID: PMC8568799

[12] Chenyu Shi, Chenyu Wang, He Liu, Qiuju Li, Ronghang Li, Yan Zhang, Yuzhe Liu, Ying Shao, Jincheng Wang. Selection of Appropriate Wound Dressing for Various Wounds. *Front Bioeng Biotechnol*. 2020 Mar 19;8:182. doi: 10.3389/fbioe.2020.00182. eCollection 2020. PMID: 32266224 PMCID: PMC7096556

[13] Gill Norman, Chunhu Shi, En Lin Goh, Elizabeth Ma Murphy, Adam Reid, Laura Chiverton, Monica Stankiewicz, Jo C Dumville. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by primary closure. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022 Apr26;4(4):CD009261. doi: 10.1002/14651858.CD009261.pub7. PMID: 35471497 PMCID: PMC9040710

[14] Tianwei Zhang, Fang Liu, Weiqun Tian. [Advance of new dressings for promoting skin wound healing]. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi*. 2019 Dec 25;36(6):1055-1059. doi: 10.7507/1001-5515.201811023. PMID: 31875383 PMCID: PMC9935167

[15] Chaudhary Ehtsham Azmat, Martha Council. Wound Closure Techniques. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. 2022 Dec 3. PMID: 29262163 Bookshelf ID: NBK470598

- [16] Giuseppe Gallelli, Erika Cione, Raffaele Serra, Antonio Leo, Rita Citraro, Pietro Matricardi, Chiara Di Meo, Francesco Bisceglia, Maria C Caroleo, Sonia Basile, Luca Gallelli. Nano-hydrogel embedded with quercetin and oleic acid as a new formulation in the treatment of diabetic foot ulcer: A pilot study. *Int Wound J.* 2020 Apr;17(2):485-490. doi: 10.1111/iwj.13299. Epub 2019 Dec 25. PMID: 31876118 PMCID: PMC7948574
- [17] Praveen Kolimi, Sagar Narala, Dinesh Nyavanandi, Ahmed Adel Ali Youssef, Narendar Dudhipala. Innovative Treatment Strategies to Accelerate Wound Healing: Trajectory and Recent Advancements. *Cells.* 2022 Aug 6;11(15):2439. doi: 10.3390/cells11152439. PMID: 35954282 PMCID: PMC9367945
- [18] Peter Kranke, Michael H Bennett, Marrison Martyn-St James, Alexander Schnabel, Sebastian E Debus, Stephanie Weibel. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015 Jun 24;2015(6):CD004123. doi:10.1002/14651858.CD004123.pub4. PMID: 26106870 PMCID: PMC7055586
- [19] María Belén Palma, Carlos Luzzani, Laura B Andrini, Fernando Riccillo, Guillermo Buero, Pablo Pelinski, Ana M Inda, Ana Lía Errecalde, Santiago Miriuka, Edgardo D Carosella, Marcela N Garcia. Wound Healing by Allogeneic Transplantation of Specific Subpopulation From Human Umbilical Cord Mesenchymal Stem Cells. *Cell Transplant.* 2021 Jan-Dec;30:963689721993774. doi: 10.1177/0963689721993774. PMID: 33975446 PMCID: PMC8120529
- [20] Gareth LuTheryn, Peter Glynne-Jones, Jeremy S Webb, Dario Carugo. Ultrasound-mediated therapies for the treatment of biofilms in chronic wounds: a review of present knowledge. *Microb Biotechnol.* 2020 May;13(3):613-628. doi: 10.1111/1751-7915.13471. Epub 2019 Aug 7. PMID: 32237219 PMCID: PMC7111087
- [21] Jerome Hunckler, Achala de Mel. A current affair: electrotherapy in wound healing. *J Multidiscip Healthc.* 2017 Apr 20;10:179-194. doi: 10.2147/JMDH.S127207. PMID: 28461755 PMCID: PMC5404801

Wkład autorski:

Konceptualizacja i projektowanie badania, Michał Symulewicz, Filip Korol, Paweł Edyko; metodologia, Adam Dobek, Zuzanna Suwała; sprawdzenie i korekty, Mikołaj Minkner, Krzysztof Edyko; analiza formalna i zarządzanie danymi, Borys Bieńkowski, Bartłomiej Wójcik; dochodzenie, Michał Symulewicz; analiza i interpretacja wyników, Michał

Symulewicz, Krzysztof Edyko; pismo - przygotowanie zgrubne, Michał Symulewicz, Adam Dobek, Filip Korol, Paweł Edyko; opracowanie teoretyczne, Mikołaj Minkner, Zuzanna Suwała; pisanie - redakcja i recenzja, Bartłomiej Wójcik, ; nadzór, Michał Symulewicz, Filip Korol;

Wszyscy autorzy przeczytali i zgodzili się z opublikowaną wersją manuskryptu.

Badanie nie otrzymało specjalnego finansowania.

Dane przedstawione w niniejszym badaniu są dostępne na żądanie od autora korespondencyjnego.

Autorzy pracy nie zgłaszają konfliktu interesów.