

# Profilaktyka i leczenie ostrych i przewlekłych ran z zastosowaniem wyrobów do podciśnieniowej terapii ran (NPWT) podczas pandemii COVID-19, zalecenia Grupy Roboczej ds. Podciśnieniowej Terapii Ran

Tomasz Banasiewicz, Rolf Becker, Adam Bobkiewicz, Marco Fraccalvierri, Wojciech Francuzik, Martin Hutan, Mike Laukoetter, Marcin Malka, Bartosz Mankowski, Zsolt Szentkereszty, Csaba Toth, Lenka Veverkova, Sudheer Karlakki, John Murphy, Maciej Zieliński

## ORYGINALNE ARTYKUŁY

Manuskrypt otrzymano w dniu 11.04.2020; zrecenzowano w dniu 16.04.2020. Niniejsze opracowanie nie otrzymało żadnego wsparcia finansowego.

Powiązania autora: Katedra Chirurgii Ogólnej, Chirurgii Endokrynologicznej i Onkologii Jamy Ustnej, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, Polska, (TB, AB); Departmentleiter Revisionsendoprothetik, Eduardus Krankenhaus Koln, Niemcy, (RB); Oddział Chirurgii Plastycznej, Aso Citta' della Saliute Della Scienza Di Torino, Włochy, (MF); Katedra Dermatologii, Wenerologii i Alergologii, Charite - Universitätsmedizin Berlin, członek korporacyjny Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin i Berlińskiego Instytutu Zdrowia, (WF); Katedra Chirurgii, LK Hainburg, Hainburg a. d. Donau, Austria, (MH); Katedra Chirurgii Ogólnej i Trzewnej, Mathias-Spital Rheine, Frankenburgstrasse 31, 48431 Rheine, Niemcy, (ML); Klinika Leczenia Ran PODOS, Warszawa, Polska, (MM); Klinika Chirurgii Urazowej, Leczenia Oparzeń i Chirurgii Plastycznej, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, (BM); Wydział Medycyny, Instytut Chirurgii, Debreczyn, Uniwersytet w Debreczynie, Węgry, (ZS); Centrum Nauk Medycznych i Zdrowia, Instytut Chirurgii, Katedra Chirurgii Naczyniowej, Uniwersytet w Debreczynie, Węgry, (CT); Uniwersytet Masaryka w Brnie, I Katedra Chirurgii Szpitala Uniwersyteckiego im. św. Anny w Brnie (FNUSA-ICRC), Republika Czeska, (LV); Konsultant ds. Chirurgii Ortopedycznej i Artroplastyki RJA, Szpital Ortopedyczny NHS FT, Oswestry, Wielka Brytania, Honorowy Starszy Wykładowca (Uniwersytet w Keele), (SK); Ośrodek Leczenia Piersi im. F. Nightingale, Manchester University Hospitals Foundation NHS Trusts, Manchester, Wielka Brytania, (JM); Katedra Chirurgii Naczyniowej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, (MZ).

♦Korespondencję prosimy kierować do: Tomasz Banasiewicz: [tbanasiewicz@op.pl](mailto:tbanasiewicz@op.pl)

**Streszczenie**— Obecna pandemia SARS-CoV-2 prowadzi do gwałtownego wzrostu hospitalizacji, co skutkuje koniecznością ponownej oceny strategii leczenia ran.

Optymalna strategia leczenia u pacjentów z ranami przewlekłymi oraz powracających do zdrowia po nagłych i pilnych operacjach onkologicznych powinna dążyć do zminimalizowania liczby przyjęć do szpitala, jak również liczby zabiegów chirurgicznych oraz skrócenia czasu pobytu w celu odciążenia personelu szpitalnego i zminimalizowania ryzyka zakażenia wirusowego.

Jednym z potencjalnych rozwiązań, które mogłyby pomóc w osiągnięciu tych celów, może być szerokie i wczesne zastosowanie urządzeń do leczenia ran w podciśnieniu (NPWT) w profilaktyce powikłań w trakcie gojenia się ran.

Urządzenia do podciśnieniowej terapii ran (NPWT) jednorazowego użytku są pomocne w leczeniu ran w warunkach ambulatoryjnych i w profilaktyce ZMO (podciśnieniowa terapia

zamkniętego miejsca operowanego- ciNPWT), co pozwala na zminimalizowanie liczby wizyt w ośrodku zdrowia przy jednoczesnym zapewnieniu najlepszej możliwej pielęgnacji ran. Stacjonarne urządzenia do podciśnieniowej terapii ran \*(NPWT) należy jak najszybciej zastosować w głębokim ZMO i w przypadku wystąpienia komplikacji procesu gojenia się ran pooperacyjnych. Edukacja pacjentów i wsparcie telemedyczne w zakresie wizualnego monitorowania gojenia się ran oraz wideokonferencje mogą zminimalizować liczbę niepotrzebnych wizyt stacjonarnych w przypadku pacjentów z ranami, a tym samym znacznie zwiększyć poziom opieki.

**Słowa kluczowe**—Podciśnieniowa terapia ran (NPWT), Covid-19, SARS-CoV-2, rany przewlekłe

## WPROWADZENIE

Sytuacja epidemiologiczna na świecie spowodowana przez wirusa SARS-CoV-2 prowadzi do szybko rosnącej liczby hospitalizacji. Oddziały szpitalne są przekształcane w oddziały dedykowane COVID-19, co wnosi wiele nagłych zmian do systemu i strategii leczenia. Istnieje wiele zalecanych procedur zapobiegania zakażeniom miejsca operowanego (ZMO), ale tylko kilka z nich dotyczy leczenia powikłań, w szczególności w przypadku pacjentów objętych opieką domową. Obecna ogólna strategia polega na zminimalizowaniu liczby hospitalizacji, które nie są niezbędne z trzech głównych powodów, takich jak:

- 1) zapewnienie oddziałom intensywnej terapii możliwości leczenia pacjentów z COVID-19 wymagających intensywnej terapii;
- 2) ochrona personelu medycznego w związku z jego niedoborem
- 3) zmniejszenie ryzyka zakażenia w odniesieniu do hospitalizowanych pacjentów i personelu medycznego

Objawy ZMO po operacji urazu brzucha i klatki piersiowej mogą kamuflować bezobjawowe zakażenie SARS-CoV-2, szczególnie w dobie pandemii COVID-19<sup>1</sup>

Dlatego też zminimalizowanie czasu hospitalizacji może zmniejszyć ryzyko przeniesienia wirusa u pacjentów po operacji.

#### OGÓLNA STRATEGIA

Optymalna strategia leczenia u pacjentów z ranami przewlekłymi oraz powracających do zdrowia po nagłych i pilnych operacjach onkologicznych powinna dążyć do zminimalizowania liczby przyjęć do szpitala z przyczyn chirurgicznych, zgodnie z opisem w protokole ERAS,<sup>2</sup> jak również liczby zabiegów chirurgicznych. Z drugiej strony, czas hospitalizacji powinien być zoptymalizowany w taki sposób, aby był jak najkrótszy, by można było odciążyć personel szpitalny i zminimalizować ryzyko zakażenia

wirusowego. Jednym z potencjalnych rozwiązań, które mogłoby pomóc w osiągnięciu tych celów, może być szerokie i wczesne zastosowanie urządzeń do leczenia ran przy użyciu podciśnienia (NPWT) w profilaktyce powikłań w trakcie gojenia się ran<sup>3</sup> (głównie zakażeń miejsca operowanego -ZMO<sup>4</sup> lub rozejścia się brzegów rany), szczególnie w przypadku pacjentów o podwyższonym ryzyku,<sup>5</sup> pacjentów z rozległymi i nietypowymi cięciami chirurgicznymi, z obecnością lub bez obecności implantów chirurgicznych wprowadzanych na stałe do tkanek<sup>6-8</sup> Li i in. wykazali, że u pacjentów, u których zastosowano podciśnieniową terapię leczenia ran (NPWT) po operacji jamy brzusznej metodą otwartą ZMO było rzadsze<sup>9</sup> i rzadziej dochodziło do powstawania przetok jelitowo-atmosferycznych u pacjentów poddawanych tej terapii.<sup>10</sup>

pacjent	Leczenie ambulatoryjne	Leczenie chirurgiczne	Leczenie ambulatoryjne (pooperacyjne)
postępowanie	Profilaktyka ran w grupach ryzyka, wczesne leczenie ran, wsparcie telemedyczne, samodzielna opieka nad raną telemedycyna	Tylko jeśli konieczne. Maksymalnie możliwa profilaktyka ZMO (określenie grup wysokiego ryzyka) wczesne rozpoznanie i leczenie ZMO, telemedycyna	Tylko gdy konieczne, optymalizacja leczenia, wsparcie telemedyczne, samodzielna opieka nad raną - pod kontrolą telemedycyna
cel	Szybkie gojenie ran, zmniejszenie ryzyka powikłań i hospitalizacji	Jak najmniejsza częstość ZMO, unikanie reoperacji, przedłużonych pobytów szybki wypis	Szybkie gojenie ran, minimalizacja rehospitalizacji, szybkie wykrycie późnych ZMO
narzędzia	Jednorazowe NPWT, stacjonarne NPWT w wybranych przypadkach	Jednorazowe NPWT profilaktyka -ciNPWT, stacjonarne NPWT, w tym iNPWT	Jednorazowe NPWT, stacjonarne NPWT w wybranych przypadkach

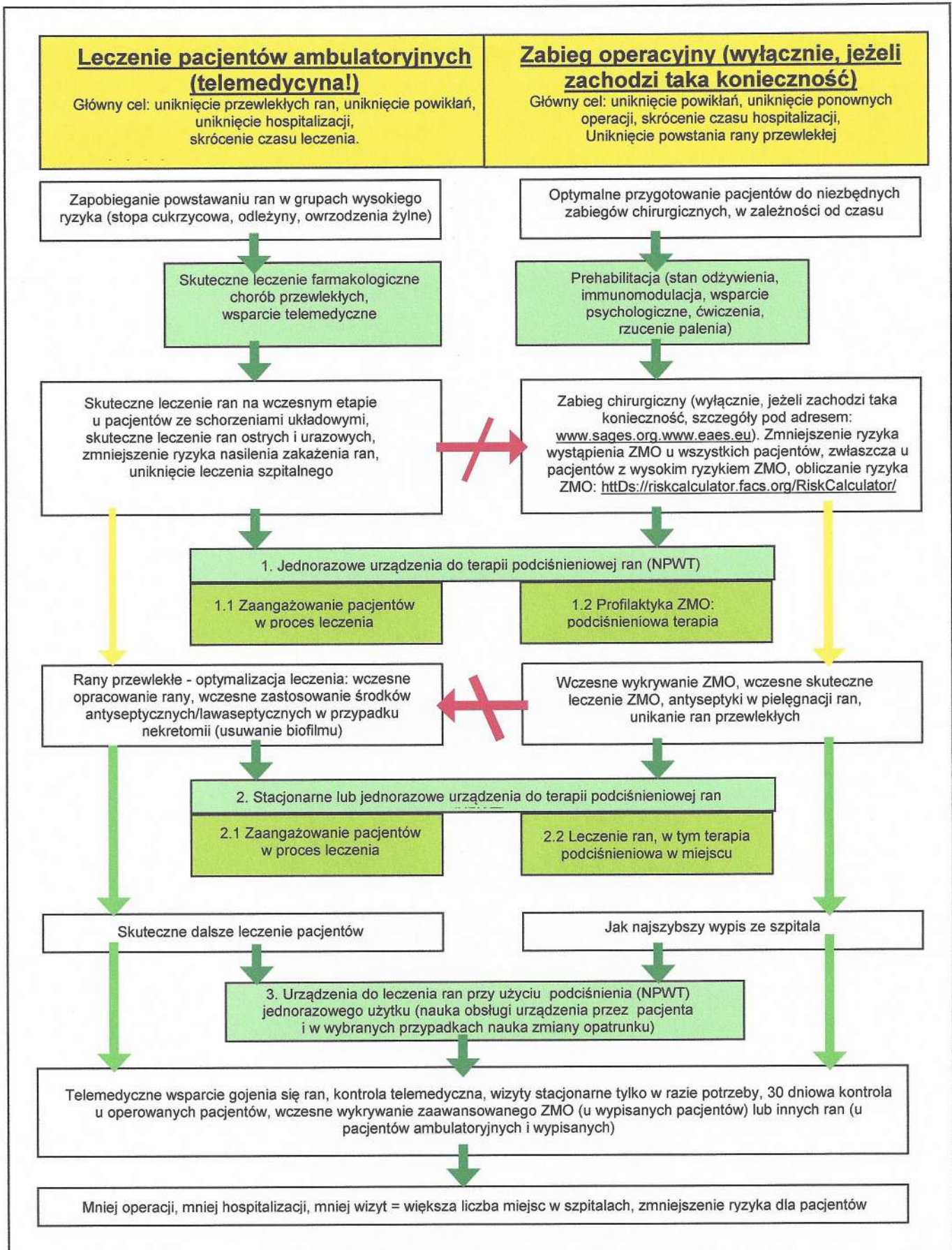
Ilustracja 1. Strategia leczenia w trzech najczęstszych scenariuszach (kolumnach) podczas pandemii SARS-CoV-2.

Stosunkowo dowolne zastosowanie podciśnieniowej terapii zamkniętego miejsca operowanego przy użyciu ciNPWT może być korzystne dla pacjentów szpitalnych, którzy zostali wypisani wcześniej niż zazwyczaj, aby zwolnić miejsca szpitalne dla pacjentów z COVID o ostrym przebiegu; wypisani pacjenci mogą nadal korzystać z dobrej jakości opieki zdrowotnej w domu.<sup>11</sup>

Strategia ta może być bardzo ważna w grupie pacjentów poddawanych operacji w trybie pilnym lub z ranami sklasyfikowanymi, jako skażone. W oparciu o niedawne badania stwierdzono, że podciśnieniowa terapia zamkniętego miejsca operowanego (ciNPWT) znacznie obniżyła częstość występowania ZMO u pacjentów ze schorzeniami jelita grubego, z nieswoistymi zapaleniami jelit czy operacjach naczyniowych z dostępu w pachwinie, a także w innych dziedzinach, takich jak chirurgia ortopedyczna i plastyczna.<sup>12-14</sup> Podciśnieniowa terapia ran (NPWT) może być również szerzej stosowana w powikłaniach gojenia się ran sączących i w zakażeniach ran, umożliwiając szybkie, bezpieczne i skuteczne wypisywanie pacjentów szpitalnych. Profilaktyka ZMO za pomocą podciśnieniowej terapii zamkniętego miejsca operowanego (ciNPWT) może prowadzić do zmniejszenia częstości występowania ZMO, a także do redukcji liczby zmian opatrunków<sup>15</sup> (co prowadzi do odciążenia personelu medycznego i zminimalizowania kontaktu z pacjentami). W ranach septycznych i powikłanych

należy częściej stosować iNPWT (podciśnieniową terapię ran z płukaniem). Stwierdzono, że przydatność podciśnieniowej terapii ran (NPWT) z płukaniem w przypadku powikłanych i niegojących się ran wiązała się ze znacznym zmniejszeniem przerostu kolonii bakteryjnych, z redukcją czasu zamknięcia się ran i szybszym wypisaniem ze szpitala.<sup>16</sup> Zasady strategii leczenia przedstawiono na ilustracji 1).

Terapia podciśnieniowa ran (NPWT) może być stosowana najszybciej jak to jest możliwe w przypadku zaburzeń gojenia się ran, szczególnie tych spowodowanych zakażeniami. Terapia przy pomocy urządzeń stacjonarnych stosowana początkowo u pacjentów hospitalizowanych może być nadal stosowana w warunkach ambulatoryjnych w postaci jednorazowego mobilnego urządzenia do terapii podciśnieniowej ran (NPWT). Jednorazowe urządzenia do podciśnieniowej terapii zamkniętego miejsca operowanego (ciNPWT) są powszechnie dostępne na rynku, intuicyjne i łatwe w obsłudze. Edukacja pacjentów w zakresie usuwania opatrunku podciśnieniowego u wybranych, dobrze współpracujących pacjentów może być bardzo pomocna i ma zasadnicze znaczenie w radzeniu sobie ze szczelnością opatrunku podczas stosowania terapii podciśnieniowej ran w warunkach domowych. Aktualne dowody przemawiają za stosowaniem terapii podciśnieniowej jednorazowego użytku (sNPWT) w warunkach domowych ze względu na wysoki komfort pacjenta.<sup>17</sup>



Ilustracja 2. Zaproponowany przepływ pacjentów w szpitalnym oddziale chirurgicznym

Dowsett i in. przedstawili dane na temat korzyści klinicznych i ekonomicznych stosowania terapii podciśnieniowej przy zastosowaniu urządzeń jednorazowego użytku (sNPWT) u pacjentów z ranami przewlekłymi, która pozwala na odciążenie personelu medycznego.<sup>18</sup> Podobne korzyści wykazano również w grupach, w których zastosowano tę terapię w odniesieniu do zamkniętych miejsc operowanych.<sup>7,19</sup> Te same zasady będą miały zastosowanie do ran ostrych i chirurgicznych podczas pandemii COVID-19. Jest to szczególnie ważne, ponieważ istnieją dowody, że skuteczność terapii podciśnieniowej przy zastosowaniu urządzeń jednorazowego użytku (sNPWT) jest podobna w warunkach szpitalnych i ambulatoryjnych.<sup>20</sup>

Wsparcie telemedyczne dla pacjentów powinno zapewniać odpowiednią pooperacyjną kontrolę ran i może być stosowane w sposób ambulatoryjny. Preferowane są opcje z możliwością równoczesnego przesyłania zdjęć cyfrowych. Optymalny przepływ pacjentów (ambulatoryjnych i szpitalnych) pokazano na (ilustracji 2). Poniżej wymieniono główne problemy związane z procesem gojenia się ran.

#### 1. Problem: Postępowanie z pacjentami ambulatoryjnymi z ranami

Cel: U pacjentów z ranami ostrymi lub przewlekłymi leczenie ambulatoryjne powinno być tak samo skuteczne jak leczenie szpitalne, przy jednoczesnym ograniczeniu liczby wizyt stacjonarnych. Rozwiązanie (z zastosowaniem podciśnieniowej terapii ran):

- 1) W miarę możliwości zaleca się profilaktyczne<sup>21</sup> korzystanie z urządzeń służących do terapii ran przy użyciu podciśnienia (NPWT) jednorazowego użytku (zmniejszenie liczby zmian opatrunków, zwiększenie skuteczności leczenia).
- 2) W przewlekłych owrzodzeniach żylnych kończyn dolnych, terapię podciśnieniową ran (NPWT) należy łączyć z terapią uciskową (poprzez stosowanie bandażowania lub pończoch uciskowych).<sup>22</sup>
- 3) Należy edukować pacjentów w zakresie minimalizowania ryzyka zakażenia SARS-CoV-2.
- 4) Wsparcie telemedyczne<sup>23</sup> dla pacjentów podczas samodzielnego opatrywania ran, w przypadku przeciekania opatrunku, a w wybranych przypadkach również w przypadku konieczności zmiany opatrunku, z bezpiecznymi rozmowami w trybie wideokonferencji, jako najwyższy standard.

#### 2. Problem: Postępowanie z pacjentami chirurgicznymi (nagle i pilne zabiegi onkologiczne) oraz z ZMO

Cele:

- 1) zmniejszenie nasilenia i częstotliwości ZMO;

- 2) skuteczne leczenie ZMO;
- 3) uniknięcie ponownych operacji;
- 4) wczesny wypis

Rozwiązanie (z zastosowaniem podciśnieniowej terapii ran):

1) Podciśnieniowa terapia ran (NPWT) u wszystkich pacjentów z powikłanymi ranami (np. z otwartą jamą brzuszną,<sup>24</sup> z otwartymi złamaniami<sup>25</sup>) i podciśnieniowa terapia zamkniętego miejsca operowanego (ciNPWT) u pacjentów z wysokim ryzykiem wystąpienia ZMO, złożonymi ranami i ranami związanymi z wszczepieniem protezy jest wysoce zalecana (jeśli jest dostępna i możliwa do zastosowania również u innych pacjentów); W celu zminimalizowania kosztów podciśnieniowej terapii zamkniętego miejsca operowanego (ciNPWT) można doradzić zastosowanie alternatywnych, tanich metod.<sup>26</sup>

2), 3) terapia podciśnieniowa ran powinna być wprowadzona jak najszybciej w przypadku ZMO (wg klasyfikacji CDC :<sup>27</sup> powierzchowne pooperacyjne ZMO - terapia podciśnieniowa przy użyciu urządzenia jednorazowego, terapia podciśnieniowa przy użyciu urządzenia stacjonarnego; głębokie pooperacyjne ZMO - stacjonarna terapia podciśnieniowa (należy rozważyć płukanie - zastosowanie terapii podciśnieniowej ran z płukaniem (iNPWT)); narządowe lub obszarowe ZMO - stacjonarna terapia podciśnieniowa (należy rozważyć płukanie - zastosowanie terapii podciśnieniowej ran z płukaniem (iNPWT));

4) należy zapewnić optymalne gojenie się ran pacjentom z podwyższonym ryzykiem wystąpienia ZMO (z otyłością lub wyniszczeniem, z punktacją 3 i 4 w skali ASA, z immunosupresją, przyjmującym sterydy, palaczom, pacjentom ze schorzeniami współistniejącymi) poprzez zastosowanie skutecznego opatrunku przeznaczonego do stosowania po wypisie - terapii podciśnieniowej ran jednorazowego użytku w połączeniu z edukacją pacjenta w zakresie samodzielnego zdejmowania opatrunku oraz, w wybranych przypadkach, w zakresie zmiany opatrunku. Wsparcie telemedyczne dla tych pacjentów jest niezbędne w celu zminimalizowania liczby stacjonarnych wizyt.<sup>23</sup> Pacjenta należy poinformować, że w przypadku zakażenia skóry, które objawia się bólem, gorącem, zaczerwienieniem, obrzękiem lub ropną wydzieliną w miejscu operowanym, powinien poprosić o natychmiastową konsultację za pośrednictwem wsparcia telemedycznego.

Nawet w przypadku obliczenia niższego ryzyka wystąpienia ZMO, podciśnieniową terapię zamkniętego miejsca operowanego (ciNPWT) należy traktować, jako leczenie pierwszego wyboru w odniesieniu do leczenia ran. Taki sposób leczenia może zmniejszyć do minimum ryzyko wystąpienia ZMO i zapobiec ponownym przyjęciom lub powikłaniom podczas opieki ambulatoryjnej.

W przypadkach, w których pacjenci nie byłoby w stanie stosować się do zaleceń telemedycznych dotyczących zmian opatrunku lub w przypadku bardziej skomplikowanego opatrunku wymagającego wizyt stacjonarnych, zaleca się wydłużenie odstępów czasowych między kolejnymi zmianami opatrunku w celu zminimalizowania liczby wizyt stacjonarnych. Terapia podciśnieniowa ran (NPWT) jest szczególnie odpowiednia do wydłużenia okresów zmiany opatrunku<sup>17</sup> i można zalecać jej zastosowanie w tym celu.

### 3. Problem: Nadzór w ramach dalszej opieki nad pacjentami po operacji

Cel: Ułatwienie obserwacji rany z wykrytym ZMO po wypisie, zmniejszenie liczby wizyt stacjonarnych i zapewnienie najskuteczniejszego wsparcia dla gojenia się rany. Rozwiązanie (z zastosowaniem podciśnieniowej terapii ran):

- 1) W miarę możliwości zaleca się stosowanie jednorazowych kieszonek urządzeń do terapii ran przy użyciu podciśnienia (NPWT) (zmniejszenie liczby zmian opatrunków, zwiększenie skuteczności leczenia).
- 2) Należy edukować pacjentów w zakresie minimalizowania ryzyka zakażenia SARS-CoV-2.
- 3) Niezbędne jest telemedyczne wsparcie pacjentów podczas samodzielnego zdejmowania opatrunku, a w wybranych przypadkach zmiana opatrunku przy pomocy bezpiecznych wideokonferencji.

### WNIOSEK

W celu zmniejszenia ryzyka przeniesienia wirusa, wskazane jest wczesne leczenie powikłań gojenia się ran oraz zmniejszenie ryzyka wystąpienia ZMO przy użyciu terapii podciśnieniowej (NPWT), szczególnie w czasie pandemii SARS-CoV-2. Należy wziąć pod uwagę terapię podciśnieniową (NPWT) w zaburzeniach gojenia się ran i ich zapobieganiu, ponieważ terapia ta może skutecznie zmniejszyć liczbę powikłań, ograniczyć liczbę interwencji chirurgicznych, skrócić czas pobytu, zmniejszyć liczbę zmian opatrunków ran, zmniejszyć liczbę kontaktów między pacjentami a personelem medycznym oraz odciążać i tak już przeciążony system opieki zdrowotnej.

Jednorazowe urządzenia do podciśnieniowej terapii ran (NPWT) są pomocne podczas ambulatoryjnego leczenia ran i w profilaktyce ZMO (podciśnieniowa terapia zamkniętego miejsca operowanego- ciNPWT), co pozwala na zminimalizowanie liczby wizyt w jednostce służby zdrowia przy jednoczesnym zapewnieniu najlepszej możliwej pielęgnacji ran. Stacjonarne urządzenia do podciśnieniowej terapii ran \*(NPWT) należy jak najszybciej zastosować w głębokim ZMO i w zaburzeniach gojenia ran

pooperacyjnych. Edukacja pacjentów i wsparcie telemedyczne w zakresie wizualnego monitorowania gojenia się ran oraz wideokonferencje mogą zminimalizować liczbę niepotrzebnych wizyt stacjonarnych w przypadku pacjentów z ranami, a tym samym znacznie zwiększyć jakość opieki.

### REFERENCES

- [1] M. Khazaei, R. Asgari, E. Zarei, Y. Moharramzad, H. Haghhighatkah, and M. S. Taheri, "Incidentally Diagnosed COVID-19 Infection in Trauma Patients; a Clinical Experience," *Archives of Academic Emergency Medicine*, vol. 8, no. 1, p. 31, 2020.
- [2] M. Melnyk, R. G. Casey, P. Black, and A. J. Koupparis, "Enhanced recovery after surgery (ERAS) protocols: Time to change practice?" *Canadian Urological Association Journal*, pp. 342-348, Oct. 2011, publisher: Canadian Urological Association Journal. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5489/cuaj.11002>
- [3] F. Sexton, D. Healy, S. Keelan, M. Alazzawi, and P. Naughton, "A systematic review and meta-analysis comparing the effectiveness of negative-pressure wound therapy to standard therapy in the prevention of complications after vascular surgery," *International Journal of Surgery*, vol. 76, pp. 94-100, Apr. 2020, publisher: Elsevier BV. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.02.037>
- [4] H.-Z. Li, X.-H. Xu, D.-W. Wang, Y.-M. Lin, N. Lin, and H.-D. Lu, "Negative pressure wound therapy for surgical site infections: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials," *Clinical Microbiology and Infection*, vol. 25, no. 11, pp. 1328-1338, Nov. 2019, publisher: Elsevier BV. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.06.005>
- [5] V. Strugala and R. Martin, "Meta-Analysis of Comparative Trials Evaluating a Prophylactic Single-Use Negative Pressure Wound Therapy System for the Prevention of Surgical Site Complications," *Surgical Infections*, vol. 18, no. 7, pp. 810-819, Oct. 2017, publisher: Mary Ann Liebert Inc. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1089/sur.2017.156>
- [6] R. Holt and J. Murphy, "Pico™ incision closure in oncoplasty breast surgery: a case series," *British Journal of Hospital Medicine*, vol. 76, no. 4, pp. 217-223, 2015.
- [7] G. W. Irwin, G. Boundouki, B. Fakim, R. Johnson, L. Highton, D. Myers, R. Searle, and J. A. Murphy, "Negative pressure wound therapy reduces wound breakdown and implant loss in prepectoral breast reconstruction," *Plastic and Reconstructive Surgery-Global Open*, vol. 8, no. 2, p. e2667, 2020.
- [8] S. Karlakki, M. Brem, S. Giannini, V. Khanduja, J. Stannard, and R. Martin, "Negative pressure wound therapy for management of the surgical incision in orthopaedic surgery: a review of evidence and mechanisms for an emerging indication," *Bone & joint research*, vol. 2, no. 12, pp. 276-284, 2013.
- [9] P.-Y. Li, D. Yang, D. Liu, S.-J. Sun, and L.-Y. Zhang, "Reducing Surgical Site Infection with Negative-Pressure Wound Therapy After Open Abdominal Surgery: A Prospective Randomized Controlled Study," *Scandinavian Journal of Surgery*, vol. 106, no. 3, pp. 189-195, Sep. 2016, publisher: SAGE Publications. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/1457496916668681>
- [10] K. Szmyt, \. Krokowicz, A. Bobkiewicz, B. Cybulka, W. Ledwosinski, M. Gordon, A. Alammari, T. Banasiewicz, and M. Drews, "Comparison of the Effectiveness of the Treatment Using Standard Methods and Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) in Patients Treated with Open Abdomen Technique," *Polish Journal of Surgery*, vol. 87, no. 1, Jan. 2015, publisher: Index Copernicus. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1515/pjs-2015-0013>
- [11] S. Karlakki, A. Hamad, C. Whittall, N. Graham, R. Banerjee, and J. Kuiper, "Incisional negative pressure wound therapy dressings

- (inpwt) in routine primary hip and knee arthroplasties: a randomised controlled trial," *Bone & joint research*, vol. 5, no. 8, pp. 328-337, 2016.
- [12] T. Matatov, K. N. Reddy, L. D. Doucet, C. X. Zhao, and W. W. Zhang, "Experience with a new negative pressure incision management system in prevention of groin wound infection in vascular surgery patients," *Journal of Vascular Surgery*, vol. 57, no. 3, pp. 791-795, Mar. 2013, publisher: Elsevier BV. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.09.037>
- [13] G. Pellino, G. Sciaudone, G. Candilio, F. Campitiello, F. Selvaggi, and S. Canonico, "Effects of a New Pocket Device for Negative Pressure Wound Therapy on Surgical Wounds of Patients Affected With Crohn's Disease," *Surgical Innovation*, vol. 21, no. 2, pp. 204-212, Jul. 2013, publisher: SAGE Publications. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/1553350613496906>
- [14] A. U. Blackham, J. P. Farrar, T. P. McCoy, B. S. Schmidt, and P. Shen, "Prevention of surgical site infections in high-risk patients with laparotomy incisions using negative-pressure therapy," *The American Journal of Surgery*, vol. 205, no. 6, pp. 647-654, Jun. 2013, publisher: Elsevier BV. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2012.06.007>
- [15] R. Kirsner, C. Dove, A. Reyzelman, D. Vayser, and H. Jaimes, "A prospective, randomized, controlled clinical trial on the efficacy of a single-use negative pressure wound therapy system, compared to traditional negative pressure wound therapy in the treatment of chronic ulcers of the lower extremities," *Wound Repair and Regeneration*, vol. 27, no. 5, pp. 519-529, 2019, eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/wrr.12727>. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/wrr.12727>
- [16] A. Gabriel, J. Shores, C. Heinrich, W. Baqai, S. Kalina, N. Sogioka, and S. Gupta, "Negative pressure wound therapy with instillation: a pilot study describing a new method for treating infected wounds," *International Wound Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 399-413, Jun. 2008, publisher: Wiley. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/j.1742-481x.2007.00423.x>
- [17] T. Hurd, P. Trueman, and A. Rossington, "Use of a portable, single-use negative pressure wound therapy device in home care patients with low to moderately exuding wounds: a case series," *Ostomy/Wound Management*, vol. 60, no. 3, pp. 30-36, Mar. 2014.
- [18] C. Dowsett, J. Hampton, D. Myers, and T. Styche, "Use of PICO to improve clinical and economic outcomes in hard-to-heal wounds," *Wounds Int*, vol. 8, no. 2, pp. 52-58, 2017.
- [19] L. M. Nherera, P. Trueman, and S. L. Karlakki, "Cost-effectiveness analysis of single-use negative pressure wound therapy dressings (snpwt) to reduce surgical site complications (ssc) in routine primary hip and knee replacements," *Wound Repair and Regeneration*, vol. 25, no. 3, pp. 474-482, 2017.
- [20] J. Stryja, R. Staffa, D. Riha, K. Stryjova, and K. Nicielnikova, "[Cost-effectiveness of negative pressure wound therapy in outpatient setting]," *Rozhledy V Chirurgii: Mesicnik Ceskoslovenske Chirurgicke Spolecnosti*, vol. 94, no. 8, pp. 322-328, Aug. 2015.
- [21] C. Heard, W. Chaboyer, V. Anderson, B. M. Gillespie, and J. A. Whitty, "Cost-effectiveness analysis alongside a pilot study of prophylactic negative pressure wound therapy," *Journal of Tissue Viability*, vol. 26, no. 1, pp. 79-84, Feb. 2017, publisher: Elsevier BV. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2016.06.001>
- [22] E. Wang, R. Tang, N. Walsh, L. Stopher, C. Bharat, S. Ponosh, and S. Jansen, "Topical negative pressure therapy and compression in the management of venous leg ulcers: A pilot study," *Wound Practice & Research: Journal of the Australian Wound Management Association*, vol. 25, no. 1, p. 36, Mar. 2017, publisher: Cambridge Publishing. [Online]. Available: <https://search.informit.org/documentSummary;dn=745540889743034;res=IELHEA>
- [23] A. Lumpkins and T. Stanton, "Benefits of a Patient-centered Remote Therapy Monitoring Program Focusing on Increased Adherence to Wound Therapy." *Wounds: a compendium of clinical research and practice*, vol. 31, no. 8, pp. E49-E53, 2019.
- [24] A. L. Fowler and M. K. Barry, "Closed incision negative pressure therapy: Results of recent trials and recommendations for clinical practice," *The Surgeon*, Dec. 2019, publisher: Elsevier BV. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.surge.2019.10.007>
- [25] M. C. Grant-Freemantle, J. Ryan, S. O. Flynn, D. P. Moloney, M. A. Kelly, E. I. Coveney, B. J. O'Daly, and J. F. Quinlan, "The Effectiveness of Negative Pressure Wound Therapy Versus Conventional Dressing in the Treatment of Open Fractures," *Journal of Orthopaedic Trauma*, p. 1, Feb. 2020, publisher: Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). [Online]. Available: <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000001750>
- [26] D. A. Walczak, M. Grajek, M. Zeman, T. Palka, M. Kalkum, M. Dobrut, P. Drozdowski, R. Ulczok, K. Donocik, A. Maciejewski, and Krakowczyk, "Novel, self-made and cost-effective technique for closed-incision negative pressure wound therapy," *Negative Pressure Wound Therapy Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 8-10, Mar. 2020. [Online]. Available: <https://npwtj.com/index.php/npwtj/article/view/56>
- [27] T. C. Horan, R. P. Gaynes, W. J. Martone, W. R. Jarvis, and T. G. Emori, "CDC Definitions of Nosocomial Surgical Site Infections, 1992: A Modification of CDC Definitions of Surgical Wound Infections," *Infection Control & Hospital Epidemiology*, vol. 13, no. 10, pp. 606-608, Oct. 1992, publisher: Cambridge University Press (CUP). [Online]. Available: <https://doi.org/10.1017/s0195941700015241>