

HELUSZKA, Jakub, FUSSEK-STYGA, Urszula, BŁASZCZYK, Agnieszka, TROJAN, Sara, KWIECIŃSKI, Jakub, MISZUDA, Sławomir, SZWEDKOWICZ, Agata, BASIAGA, Bartosz, BEDNARZ, Krzysztof and LEŚNIAK, Marek. Management of a patient with frostbite. *Journal of Education, Health and Sport*. 2023;29(1):71-87. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2023.29.01.009> <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/44769> <https://zenodo.org/record/8174093>

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. Przynależność dyscypliny naukowej: 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: 27.06.2023. Revised: 20.07.2023. Accepted: 20.07.2023. Published: 25.07.2023.

## Management of a patient with frostbite

### Postępowanie u pacjenta z odmrożeniem

Jakub Heluszka

heluszka.jakub@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-6965-8073>

Zespół Zakładów Opieki Zdrowotnej w Cieszynie

Urszula Fussek-Styga

urszulafussek@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-9358-8673>

Okręgowy Szpital Kolejowy w Katowicach

Agnieszka Błaszczuk

agnieszka\_blaszczuk96@wp.pl

<https://orcid.org/0009-0004-3460-1514>

Zagłębiowskie Centrum Onkologii im. Sz. Starkiewicza w Dąbrowie Górniczej

Sara Trojan

saratrojan96@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-9628-6726>

Zagłębiowskie Centrum Onkologii im. Sz. Starkiewicza w Dąbrowie Górniczej

Jakub Kwieciński

j.kwiecinski94@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-1219-7138>

Zagłębiowskie Centrum Onkologii im. Sz. Starkiewicza w Dąbrowie Górniczej

Sławomir Miszuda

smiszuda@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-4085-3653>

Zagłębiowskie Centrum Onkologii im. Sz. Starkiewicza w Dąbrowie Górniczej

Agata Szwedkowicz

szwedkowiczagata@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-1285-2643>

Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie

Bartosz Basiaga

bartoszbasiaga@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-8300-0674>

Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Krzysztof Bednarz

kbednarz9718@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8910-1697>

Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Marek Leśniak

lesniak.marek777@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-0720-9997>

Wojewódzki Szpital Specjalistyczny MEGREZ Sp. z o.o. w Tychach

## **Abstract**

### **Introduction and purpose**

Frostbite is a serious injury caused by cold, which is an inseparable element of human contact with nature. It can cause tissue damage and loss of function if not properly treated. It

treatment consists of several stages that require the involvement of many people. The purpose of the article is to summarize information on epidemiology, pathophysiology, prehospital and hospital procedures and to draw attention to the complexity of patient care.

### **Materials and methods**

A literature review based on PubMed and Google Scholar using the following keywords: frostbite, cold injury.

### **Description of the state of knowledge:**

The literature review shows the breadth of the issue. The effectiveness of therapy depends on: knowledge of pathophysiology and risk factors, early diagnosis, discontinuation of exposure to cold, effective analgesic treatment, fluid therapy, transport of the victim to the appropriate center, rapid warming of frozen tissues, imaging diagnostics, initiation of thrombolytic treatment and, if necessary, surgery. It is also important to remember about long-term complications that worsen the quality of life of patients, such as chronic pain, hyperaesthesia or impairment or loss of limb functionality.

### **Conclusions**

Frostbite is a relatively rare problem, but especially in winter, every medic will have to deal with it sooner or later. Considering the above information, the management of a patient with frostbite is a demanding and long-term process in which the cooperation and involvement of many medics is important, so it is worth having knowledge about them.

### **Keywords**

Frostbite; Cold injury; Thrombolysis; Health

### **Abstrakt**

#### **Wprowadzenie i cel**

Odmrożenie to poważny uraz spowodowany zimą, który jest nieodłącznym elementem obcowania człowieka z naturą. Może on spowodować uszkodzenie tkanek i utratę ich funkcji, jeśli nie jest odpowiednio leczony. Jego leczenie składa się z kilku etapów, które wymagają zaangażowania wielu osób. Celem artykułu jest podsumowanie informacji na temat epidemiologii, patofizjologii, postępowania zewnątrz i wewnątrzszpitalnego oraz zwrócenie uwagi na złożoność opieki nad chorym.

#### **Materiały i metody**

Wyszukiwanie literatury w bazie PubMed, oraz Google scholar przy użyciu słów odmrożenie, uraz spowodowany zimą.

#### **Aktualny stan wiedzy**

Literatura poddana przeglądowi pokazuje rozległość zagadnienia. Skuteczność terapii zależy od: znajomości patofizjologii i czynników ryzyka, wczesnego rozpoznania, przerwania ekspozycji na zimno, skutecznego leczenia przeciwbólowego, płynoterapii, transportu poszkodowanego do odpowiedniego ośrodka, szybkiego ogrzania zamrożonych tkanek, diagnostyki obrazowej, włączenia leczenia trombolitycznego oraz w razie konieczności chirurgicznego. Należy również pamiętać o długotrwałych powikłaniach pogarszających jakość życia pacjentów jak przewlekłe dolegliwości bólowe, przeculica czy upośledzenie bądź utrata funkcjonalności kończyny.

### **Podsumowanie**

Odmrożenia są problemem stosunkowo rzadkim, jednak szczególnie w okresie zimowym każdy medyk prędzej czy później będzie miał z nimi do czynienia. Biorąc pod uwagę przytoczone informacje postępowanie u pacjenta z odmrożeniem jest procesem wymagającym oraz długotrwałym, w którym, ważna jest współpraca oraz zaangażowanie wielu medyków dlatego warto posiadać wiedzę na ich temat.

### **Słowa kluczowe**

Odmrożenie; Uraz spowodowany zimnem; Tromboliza; Zdrowie

## **1. Wstęp**

Odmrożenie jest to uszkodzenie tkanek w wyniku działania niskich temperatur [1]. Urazy spowodowane zimnem są nieodłącznym elementem obcowania człowieka z naturą. Najstarszym udokumentowanym przypadkiem jest odnaleziona w górach chilijskich 5000 letnia mumia pozbawiona częściowo palców u stóp [2]. Wśród osób szczególnie narażonych na ich wystąpienie można wyróżnić żołnierzy, osoby starsze, bezdomnych oraz sportowców [1,3]. Wyniki badania przeprowadzanego na grupie 241 chorych z odmrożeniami pokazują, jak bardzo wymagający są to pacjenci. 42% z nich musiało być hospitalizowanych na oddziale intensywnej terapii, 20% wymagało interwencji chirurgicznej po postacią oczyszczenia rany i/lub amputacji natomiast śmiertelność w tej grupie chorych wyniosła 3% [4]. Znajomość patofizjologii, w tym występowania skurczu naczyń, roli reperfuzji tkanek oraz mediatorów reakcji zapalnej pozwoliło na wdrożenie efektywniejszych sposobów leczenia [5,6]. W postępowaniu kluczową rolę ma między innymi transport poszkodowanego do właściwego ośrodka, szybkie ogrzanie pacjenta, wdrożenie płynoterapii, leczenia przeciwbólowego oraz terapii trombolitycznej [7,8]. Pacjenci często długi czas po wystąpieniu urazów odmrożeniowych borykają się z ich następstwami w postaci

przewlekłego bólu, parestezji, przeculicy czy upośledzenia mobilności lub funkcjonalności kończyny [9].

## **2. Cel pracy**

Celem niniejszego artykułu jest podsumowanie dostępnych informacji na temat epidemiologii, patofizjologii oraz przedstawianie elementów postępowania zewnątrz i wewnątrzszpitalnego w celu ułatwienia pracy medykom zajmującym się pacjentem z odmrożeniem, jak również zwrócenie uwagi na złożoność tej opieki.

## **3. Opis stanu wiedzy**

### **Epidemiologia**

Niskie temperatury od zawsze miały niekorzystny wpływ na nasz organizm. W przeszłość odmrożenia powszechnie kojarzone były z żołnierzami, którzy walczyli w niesprzyjających warunkach atmosferycznych. Podczas II wojny światowej na przestrzeni lat 1942-45 odnotowano 13 196 przypadków odmrożeń. Pomimo większej świadomości, lepszej jakości materiałów oraz postępu technologii dalej jest to istotny problem wielu armii. W Amerykańskich siłach zbrojnych w latach 2015-2020 zareportowano 1120 przypadków odmrożeń [3]. Oprócz wojskowych na problem ten szczególnie narażonymi będą osoby w kryzysie bezdomności, uzależnione od alkoholu oraz substancji psychoaktywnych [10]. Ostatnią grupą osób, o której należy wspomnieć są entuzjaści spędzania czasu na świeżym powietrzu, szczególnie uprawiający zimowe sporty ekstremalne. Brak odpowiedniego doświadczenia oraz często również wyposażenia skutkuje wzrostem częstości urazów spowodowanych zimą w tej populacji [9].

### **Patofizjologia**

Odmrożenie jest rodzajem urazu, który powstaje w wyniku przedłużonego oddziaływania temperatury niższej niż punkt zamarzania na tkanki naszego organizmu [7]. Wraz z postępującym ochłodzeniem zachodzi reakcja kompensacyjna pod postacią centralizacji krążenia, mająca na celu utrzymanie temperatury w kluczowych dla prawidłowego funkcjonowania organizmu narządach (mózg, serce). Gdy temperatura powierzchni skóry wynosi 15°C w wyniku skurczu naczyń krwionośnych następuje spadek przepływu skórno-ego z 200-250ml/min do około 20 ml/min. Poniżej tej wartości, w celu utrzymania funkcji metabolicznej komórek następuje krótkotrwały, cykliczny rozkurcz naczyń krwionośnych. Jest to zjawisko zwane reakcją Lewina, polegające na występowaniu 3-5 razy na godzinę epizodów odruchowego rozkurczu naczynia trwające 5-10 min [5]. Ochłodzenie oraz spadek

perfuzji negatywnie wpływają na komórki nerwowe powodując przeczulicę i parestezje. Dalszy spadek temperatury prowadzi do wytrącania się kryształków lodu wewnątrzkomórkowo (jeśli dochodzi do gwałtownego ochłodzenia) lub zewnątrzkomórkowo (jeśli postępuje ono stopniowo), wyniku czego dochodzi do zaburzenia równowagi kwasowo-zasadowej, dehydratacji komórek oraz lizy komórkowej [11]. Na uszkodzenie komórek ma również wpływ reperfuzja tkanek po ponownym ogrzaniu, wyzwalająca kaskadę reakcji, w wyniku których powstają wolne rodniki oraz mediatory stanu zapalnego, przyczyniające się do uszkodzeń śródbłonna, spadku przepływu krwi oraz tworzenia mikrozakrzepów. Końcowym efektem zachodzących procesów jest niedokrwienie oraz martwica tkanek [6]. Z uwagi na mechanizm centralizacji krążenia najbardziej narażone na odmrożenia są odsłonięte części ciała leżące obwodowo, takie jak stopy, ręce, uszy, policzki i nos [12]. Czynniki ryzyka odmrożeń dzielimy na: środowiskowe (niska temperatura powietrza, wysoka wilgotność, długi czas ekspozycji, brak schronienia, duża wysokość na której doszło do ekspozycji, brak źródła ogrzewania), osobnicze (starszy wiek, odwodnienie, niedożywienie, palenie tytoniu, obecność chorób współistniejących takich jak cukrzyca, miażdżycy, niedoczynność tarczycy, stan po udarze mózgu czy zawale mięśnia sercowego) [1].

## **Klasyfikacja**

W literaturze spotkać możemy różne metody klasyfikacji odmrożeń. Wśród nich najbardziej rozpowszechnione są: klasyczna czterostopniowa skala analogiczna do oparzeni oraz skala zaproponowana przez Cauchy'ego i jego współpracowników. W klasycznej klasyfikacji stopień pierwszy charakteryzuje się rumieniem oraz obrzękiem skóry, która ma tendencję do złuszczenia, pacjent odczuwa drętwienie zajętej części ciała. Uraz dotyczy powierzchownych warstw skóry. W drugim stopniu występują pęcherze wypełnione klarownym płynem oraz przeczulica powodująca intensywny ból. Uraz dotyczy pełnej grubości skóry. W trzecim stopniu natomiast skóra przyjmuje barwę niebiesko-fioletową, dochodzi do jej martwicy, powstają pęcherze wypełnione krwistym płynem. Uraz w tym stopniu dotyczy również tkanki podskórnej. Dla czwartego stopnia charakterystyczna jest obecność wybroczyn oraz sinicy skóry, dochodzi do mumifikacji tkanek, skóra staje się niewrażliwa na bodźce. Uraz dotyka również mięśni, stawów i kości [9,13]. Druga klasyfikacja również posiada 4 stopnie i opiera się ona na ocenie obecności oraz rozległości zmian (sinica i pęcherze) po szybkim ogrzaniu (1h) zamrożonej kończyny połączona z oceną radiologiczną przy użyciu scyntygrafii kości Tc-99m. Odmrożenia pierwszego stopnia charakteryzują się brakiem sinicy oraz zerowym ryzykiem amputacji. Od drugiego stopnia sinica pojawia się na dystalnych paliczkach palców

stóp i rąk, występują surowicze pęcherze, a ryzyko amputacji wzrasta. Sinica obejmująca dystalne paliczki palców oraz obecności krwotocznych pęcherzy to objaw odmrożeń 3 stopnia korelujący z wysokim ryzykiem amputacji. W stopniu 4 sinica obecna jest na skórze nadgarstka lub stępu a ryzyko amputacji jest bliskie 100%. Ponadto od 2 stopnia spada ilość znacznika izotopowego wychwytywanego przez kości aż do całkowitego zaniku, co wiąże się ze złym rokowaniem [6,14,15].

## **Zapobieganie**

Jak mówi przysłowie „*Morbum evitare quam curare facilius est*” (łac.) warto więc w kontekście prewencji urazów wywołanych zimnem zwrócić uwagę na kilka elementów. Po pierwsze ograniczenie czasu ekspozycji na niekorzystne warunki atmosferyczne (wiatr, śnieg, deszcz) oraz stosowanie sprzętu zapewniającego prawidłową izolację termiczną. Ubiór powinien być wielowarstwowy. Jako pierwszą warstwę preferowane są materiały syntetyczne zapewniające wydajniejsze odprowadzenie wilgoci ze skóry oraz jej odparowanie, co poprawia nasz komfort termiczny. Odzież wykonana z wełny czy polaru idealnie sprawdzi się jako kolejna warstwa. Na warstwę zewnętrzną również warto wybrać materiały syntetyczne, które zapewnią nam wodoodporność, jednocześnie umożliwiając swobodną wentylację. Ważne, aby odzież oraz obuwie nie były zbyt dopasowane, gdyż może to utrudnić przepływ krwi. Kolejną istotną kwestią jest regularne przyjmowanie pokarmów i prawidłowe nawodnienie podczas trwania aktywności oraz unikanie spożywania alkoholu czy palenia papierosów, które mogą zaburzyć prawidłową perfuzję tkanek [11,16]. Ponadto niezwykle istotne jest, żeby rozpoznać uczucie drętwienia kończyn jako pierwszy z objawów postępującego odmrożenia oraz przerywać narażenie na zimno, aby nie doszło do progresji urazu. Taką kończynę należy jak najszybciej ogrzać wykorzystując do tego ciepło własnego ciała (dłony pachowe, brzuch) lub osoby towarzyszącej. Wbrew powszechnej opinii nie należy rutynowo stosować emolientów, ponieważ nie mają działania ochronnego a wręcz mogą zwiększać ryzyko powstawania odmrożeń [11].

## **Postępowanie przedszpitalne**

Pacjenci z odmrożeniem często są również wychłodzeni i należy to uwzględnić podczas opieki nad nimi. Leczenie hipotermii wykracza jednak poza zakres niniejszego artykułu, skupimy się natomiast na postępowaniu przed i wewnątrzszpitalnym. Zawsze naszą interwencję należy rozpocząć od zbadania pacjenta według uniwersalnego schematu ABCDE.

Pozwala nam to określić jego parametry życiowe oraz wykryć niepokojące objawy (np. hipotensja, hipoksja, hipotermia) mogące wskazywać na stan zagrożenia życia. Następnym krokiem jest zajęcie się obszarem ciała który doznał urazu. Należy przerwać, na ile to możliwe, ekspozycje na zimno (usunąć mokre ubrania, odizolować poszkodowanego przy użyciu dedykowanych kocy termicznych, czy przenieść go w ciepłe miejsce) [11]. Trzeba też chronić tkanki przed dalszym uszkodzeniem (unieruchomienie, opatrunek osłonowy), nie wolno pocierać skóry w celu jej ogrzania oraz usunąć wszelkie ciała obce mogące nasilać uraz (np. pierścionki, bransoletki, kolczyki, paski. itp.) [17]. Podczas naszej interwencji trzeba podjąć decyzję czy rozpocząć proces ogrzewania tkanek w terenie, nie wolno bowiem dopuścić do ponownego zamrożenia ogrzanego obszaru. W patomechanizmie zwrócono uwagę na rolę mediatorów reakcji zapalnej, które uwalniają się podczas reperfuzji tkanek - kolejny cykl zamrażania i odmarzania zajętych tkanek spotęguje ilość tych substancji, co spowoduje pogłębienie uraz [11,15,18]. Po uzyskaniu wklucia dożylnego warto rozpocząć płynoterapię, ponieważ uważa się, że prawidłowe nawodnienie oraz unikanie hipowolemii poprawia regenerację tkanek. Rekomendowanym płynem jest ogrzany roztwór 0,9% NaCl (minimum do 37°C, ale optymalnie 40-42°C) podawany w małych bolusach (np. 250 ml). Powolny wlew kroplowy jest niezalecany ze względu na ochłodzenie się czy możliwość zamrożenia soli w aparacie do przetoczeń podczas jego trwania [11]. Lekiem, którego podanie należy rozważyć na tym etapie leczenia jest Ibuprofen w dawce 12 mg/kg m.c. (podawany 2-4 razy na dobę, dawka maksymalna 2400 mg) ze względu na jego właściwości przeciwbólowe jak i przeciwzapalne pozwalające ograniczyć ilość uwalnianych prostaglandyn i tromboksanu [11,19]

### **Postępowanie Wewnętrzshpitalne**

Opiekę nad pacjentem zaczynamy od szybkiego ogrzania zmarzniętego obszaru w wodzie o temperaturze 37-39°C, które prowadzimy do momentu, kiedy skóra stanie się miękka i elastyczna oraz przyjmie czerwoną/fioletową barwę. W zależności od rozległości urazu oraz dostępności sprzętu pacjent będzie ogrzewany w wannie lub zamrożona kończyna może być umieszczona w dedykowanym do tego pojemniku. Ważne jednak, aby w każdym przypadku zamrożony obszar nie miał kontaktu z bokami naczynia oraz aby zapewnić obieg wody i jej stałe podgrzewanie w celu utrzymania docelowej temperatury [6,15,20]. Czas ogrzewania waha się zwykle od 15 min do 1h [21]. Dodanie do wody środka antyseptycznego (np. chlorheksydyne) może zmniejszyć ryzyko wystąpienia zapalenia tkanki łącznej, dlatego warto to rozważyć. Ogrzewaniu może towarzyszyć wystąpienie silnego bólu, dlatego konieczne jest



podawanie leków przeciwbólowych (paracetamol, NLPZ, opioidy) w adekwatnych do nasilenia dolegliwości [11]. Jeżeli przedszpitalnie nie podano ibuprofenu to należy go włączyć według schematu podanego powyżej [11,19]. Rutynowe podawanie anatoksyny tężcowej pacjentowi nie jest zalecane, ponieważ odmrożenia nie są ranami predysponującymi do zakażenia tężcem [7]. Decyzję o włączeniu leczenia należy podjąć w oparciu o stopień zanieczyszczenia rany oraz czas jaki upłynął od ostatniego szczepienia. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku antybiotykoterapii, której również nie włączamy u wszystkich pacjentów. Należy ją rozważyć w przypadku III i IV stopnia urazów, znacznego obrzęku oraz u osób wyniszczonych (m. in. bezdomni, alkoholicy). Jest ona natomiast wymagana w przypadku znacznego urazu, objawów zapalenia tkanek miękkich czy posocznicy [7,11]. Po rozmrożeniu na skórze mogą pojawić się pęcherze wypełnione krwią, których nie należy przekłuwać oraz pęcherze przezroczyste lub mętne wypełnione treścią surowiczą co do których nie ma jednoznacznie określonego sposobu postępowania. Uznana praktyką jest ich drenaż przy użyciu igły, ponieważ wypełniający je płyn zawiera mediatory reakcji zapalnej, które mogą uszkadzać leżące poniżej tkanki [11]. Są jednak również głosy mówiące o tym, że takie postępowanie powoduje wysuszenie głębiej leżących tkanek i należy zdrenować tylko pęcherze napięte, zakażone lub ograniczające ruchomość pacjenta [22]. Następnie na rozmrożoną tkankę należy nałożyć krem lub żel z aloesu (silne działanie antyprostaglandynowe) oraz nałożyć opatrunek osłonowy. Jeśli uraz dotyczy kończyny należy ją unieść oraz zadbać, aby opatrunek uwzględniał separację poszczególnych palców [7,11,23].

### **Diagnostyka obrazowa**

Diagnostyka obrazowa zajmuje ważne miejsce w postępowaniu z pacjentem z odmrożeniem. W zależności od metody pozwala ocenić rozległość oraz głębokość urazu, wykluczyć urazy towarzyszące, określić obszar niedokrwienia oraz przepływy w zajętych tkankach, uzyskać informacje co do skuteczności leczenia trombolitycznego czy konieczności amputacji [24,25]. Klasyczne zdjęcie RTG może być przydatne w celu poszukiwania złamań kości lub uwidocznienia ciał obcych, których obecności pacjent może być nieświadomy ze względu na zniesienie czucia, które może towarzyszyć odmrożeniu [26]. USG w ocenie pacjenta z odmrożeniem wydaje się mieć wiele zalet, ponieważ jest szybkim, tanim, bezinwazyjnym, oraz szeroko dostępnym badaniem. Wang i in. stwierdzili, że na podstawie analizy obrazów ultrasonograficznych można zróżnicować świeżą i zamrożoną świńską wątrobę [27]. Odkrycie to pozwala przypuszczać, że ultrasonografia będzie mogła być wykorzystana w określeniu rozległości odmrożenia. Dzięki funkcji Dopplera może pozwolić określić stan naczyń oraz

obecność przepływu krwi w zajętych tkankach, na ten moment potrzeba jednak kolejnych badań naukowych potwierdzający jego skuteczność w obrazowaniu [6]. Angiografia natomiast umożliwia ocenę stanu naczyń krwionośnych oraz perfuzję w zmarzniętych tkankach. Ponadto wykorzystuje się ją, aby określić efektywność leczenia trombolitycznego [13]. Scyntygrafia kości technetem-99m pozwala na określenie żywotności tkanek i może wspomóc decyzje o zakresie amputacji [28]. W przeglądzie przeprowadzonym przez Cauch'ego i współpracowników wykonana 2 dni po urazie scyntygrafia pozwoliła precyzyjnie określić poziom amputacji w 84 % [29]. Rekomenduje się jej wykonanie u pacjentów z drugim, trzecim bądź czwartym stopniem odmrożenia 2 do 4 dni po urazie lub po zakończeniu leczenia trombolitycznego oraz powtórne badanie po upływie 7 do 10 dni od wystąpienia odmrożenia [26].

### **Tromboliza**

Terapia tkankowym aktywatorem plazminogenu (tPA) rozpoczęta 24h od urazu poprawia perfuzję tkankową oraz redukuje ryzyko amputacji [30]. Aby wyselekcjonować grupę pacjentów, którym tromboliza może przynieść korzystny efekt, warto posłużyć się algorytmem. W pierwszej kolejności musimy odpowiedzieć sobie czy pacjent jest wydolny krążeniowo-oddechowo, czy po ogrzaniu brak jest przepływu w naczyniach krwionośnych na zajętych obszarze (badanie USG Doppler), czas ekspozycji na zimno wynosi poniżej 24h, a ciepłego niedokrwienia poniżej 6h. Jeśli na wszystkie pytania odpowiedzieliśmy twierdząco, kolejnym krokiem jest wykonanie angiografii z podaniem dotętnicznym środka wazodylatacyjnego (np. nitrogliceryna). Jeśli nie uzyskamy powrotu perfuzji, pacjentowi należy podać tkankowy aktywator plazminogenu [31]. Lek można podawać dożylnie lub dotętniczo, dostępne są różne algorytmy jego podawania [32,33]. Badanie wykonane przez Twomeya i współpracowników pokazało, że jest to postępowanie bezpieczne i skuteczne, nie wykazało przy tym przewagi jednej z metod [34]. W trakcie trwania należy wykonywać angiografię w celu oceny skuteczności leczenia co 12-24 godziny [6]. Terapię należy przerwać, jeśli uzyskamy reperfuzję tkanek potwierdzoną angiografią, wystąpią powikłania krwotoczne (m.in. krwiak, udar, krwawienie z przewodu pokarmowego) lub po 72h leczenia [31]. Tromboliza podobnie jak inne rodzaje terapii, ma swoje przeciwwskazania, które można sprawdzić w charakterystyce produktu leczniczego stosowanego leku. Leczeniem powinny zajmować się ośrodki mające doświadczenie w podawaniu tPA oraz posiadające oddział intensywnej terapii mogący przejąć opiekę nad chorym. Jeżeli pacjent zgłosi się do szpitala

nie dysponującego odpowiednim zapleczem do wdrożenia terapii a czas od wystąpienia urazu jest krótszy niż 24h należy rozważyć jego przeniesienie [7].

## **Chirurgia**

Natychmiastowy zabieg jest rzadko konieczny w przypadku urazów odmrozeniowych, z wyjątkiem posocznicy i zespołu cieśni przedziałów powięziowych. Powierzchnowe odmrożenia zwykle nie wymagają interwencji chirurgicznej, natomiast w przypadku głębszych urazów jest ona odroczone w czasie [35]. Poprzednie schematy zalecały wyczekiwanie na autoamputacje zamrożonych tkanek (okres 3-6 miesięcy) jednak dzięki wykorzystaniu scyntygrafii kość można określić rozległość uszkodzeń oraz zakres amputacji dużo szybciej, obecnie zaleca się, aby operacja odbyła się 2-4 tygodni po urazie [6]. Czynniki które zwiększają ryzyko amputacji są: brak kwalifikacji do leczenia trombolitycznego, zakażenie rany, wydłużony czas do ogrzania tkanek [33].

## **Hiperbaryczna terapia tlenowa**

Jest to metoda nie posiadająca na chwilę obecną dobrze ugruntowanej literatury a jej skuteczność opiera się na opisach przypadków, badaniach przeprowadzonych na zwierzętach oraz zakładanym mechanizmie działania. Tlen hiperbaryczny zmniejsza stan zapalny, wpływa na zahamowanie adhezji leukocytów, co ogranicza uszkodzenia reperfuzyjne oraz zaspokaja potrzeby metaboliczne komórek odwracając ich niedotlenienie. Wnioski z dostępnej literatury wskazują na poprawę regeneracji tkanek oraz zmniejszenie rozległości amputacji, brak jednak porównania z grupą kontrolną. Korzystniejsze efekty uzyskano, jeśli terapia została włączona na wczesnym etapie leczenia. Sugerowany schemat leczenia obejmuje wykonanie dwóch sesji zabiegów dziennie trwających od 90-110 min, zwykle do uzyskania korzystnych dla pacjenta efektów należy wykonać od 12 do 20 zabiegów. Ciśnienie, pod wpływem którego znajduje się pacjent podczas trwania terapii powinno wynosić 2.0-2.5 ATA. Wśród pacjentów z POCHP, rozedmą, objawami zakażenia dróg oddechowych czy zapalenia zatok należy zachować ostrożność podczas terapii. Szczególną uwagę należy zwrócić u pacjentów urazowych, ponieważ bezwzględny przeciwwskazaniem do stosowania terapii jest obecności nieleczzonej odmy opłucnowej. Może ona być stosowana jako jedyna opcja terapeutyczna lub w połączeniu z leczeniem przeciwkrzepliwym i naczyniorozszerzającym [36]. Ze względu na brak dostatecznych informacji, ta forma terapii nie uzyskała rekomendacji Wilderness

Medical Society. Potrzeba kolejnych rzetelnych badań w celu oceny skuteczności oraz stworzenia algorytmu leczenia tlenem hiperbarycznym [11].

### **Długotrwałe następstwa**

Warto pamiętać, że leczenie pacjent z odmrożeniem nie kończy się na etapie interwencji zastosowanych bezpośrednio po doznaniu urazu, lecz jest procesem długotrwałym. Najczęstszym powikłaniem są prawdopodobnie przewlekłe dolegliwości bólowe, często nie reagujące na standardowe leki przeciwbólowe [7]. Wśród późnych powikłań można również wymienić: nadwrażliwość na zimno, przeczulicę, parestezje, nadmierną potliwość, zaniki mięśni, ból fantomowy, zapalenie stawów, ograniczenie mobilności oraz upośledzenie lub utrata funkcjonalności kończyny [1,37,38,39].

#### **4. Podsumowanie**

Odmrożenia są problemem stosunkowo rzadkim, jednak szczególnie w okresie zimowym każdy medyk prędzej czy później, będzie miał z nimi do czynienia dlatego warto posiadać wiedzę na ich temat. Wśród grup ryzyka znajdują się żołnierze, osoby starsze, bezdomni, osoby uzależnione oraz uprawiające sporty zimowe, dlatego warto w tych grupach chorych aktywnie poszukiwać urazów odmrożeńowych. W profilaktyce uwagę zwraca dbałości o prawidłowy ubiór, nawodnienie oraz prawidłowa interpretacja odczuwanego drętwienia ciała. Postępowanie przedszpitalne opiera się na przerwaniu ekspozycji, unieruchomieniu, włączeniu płynoterapii, leczenia przeciwzapalnego oraz przeciwbólowego. Szybkie ogrzanie zamrożonego obszaru, wykonanie diagnostyki obrazowej w celu wykrycia złamań, oceny perfuzji oraz decyzja o włączeniu leczenia trombolitycznego są kluczowymi elementami postępowania wewnątrzszpitalnego. Biorąc pod uwagę przytoczone informacje postępowanie u pacjenta z odmrożeniem jest procesem wymagającym oraz długotrwałym, w którym, ważna jest współpraca oraz zaangażowanie wielu medyków. Konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań w celu oceny skuteczności poszczególnych form leczenia oraz wypracowania jak najlepszego algorytmu postępowania.

#### **Autorskie Wkłady**

Konceptualizacja, JH i UF-S; Metodologia, AB i ST; oprogramowanie JK, i BB; sprawdź, SM, ASZ i ML; analiza formalna, KB i AB ; dochodzenie, ST i UF-S; zasoby, JH i JK; pismo - przygotowanie zgrubne, JH, AB, ST, SM, ASZ, BB i KB; pisanie - recenzja i redakcja, UF-S, JK i ML; wizualizacja, SM i ML; nadzór, ASZ, KB i BB; otrzymanie

finansowania, nie dotyczy. Wszyscy autorzy przeczytali i zgodzili się z opublikowaną wersją manuskrypt

Finansowanie

Badania te nie otrzymały żadnego zewnętrznego finansowania.

Oświadczenie instytucjonalnej komisji rewizyjnej

Nie dotyczy.

Oświadczenie o świadomej zgodzie

Nie dotyczy.

Oświadczenie o dostępności danych

Nie dotyczy.

Konflikt interesów

Autor nie zgłasza konfliktu interesów.

## References

1. Basit H, Wallen TJ, Dudley C. Frostbite. 2022 Jun 27. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan–. PMID: 30725599.
2. Post PW, Donner DD. Frostbite in a pre-Columbian mummy. *Am J Phys Anthropol.* 1972 Sep;37(2):187-91. doi: 10.1002/ajpa.1330370204. PMID: 4563753.
3. Kowtoniuk RA, Liu YE, Jeter JP. Cutaneous Cold Weather Injuries in the US Military. *Cutis.* 2021 Oct;108(4):181-184. doi: 10.12788/cutis.0363. PMID: 34846996.
4. Schellenberg M, Cheng V, Inaba K, Foran C, Warriner Z, Trust MD, Clark D, Demetriades D. Frostbite injuries: independent predictors of outcomes. *Turk J Surg.* 2020 Jun 8;36(2):218-223. doi: 10.5578/turkjsurg.4632. PMID: 33015567; PMCID: PMC7515642.
5. Murphy JV, Banwell PE, Roberts AH, McGrouther DA. Frostbite: pathogenesis and treatment. *J Trauma.* 2000 Jan;48(1):171-8. doi: 10.1097/00005373-200001000-00036. PMID: 10647591
6. Zaramo TZ, Green JK, Janis JE. Practical Review of the Current Management of Frostbite Injuries. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2022 Oct 24;10(10):e4618. doi: 10.1097/GOX.0000000000004618. PMID: 36299821; PMCID: PMC9592504.
7. Handford C, Buxton P, Russell K, Imray CE, McIntosh SE, Freer L, Cochran A, Imray CH. Frostbite: a practical approach to hospital management. *Extrem Physiol Med.*

- 2014 Apr 22;3:7. doi: 10.1186/2046-7648-3-7. PMID: 24764516; PMCID: PMC3994495.
8. Gonzaga T, Jenabzadeh K, Anderson CP, Mohr WJ, Endorf FW, Ahrenholz DH. Use of Intra-arterial Thrombolytic Therapy for Acute Treatment of Frostbite in 62 Patients with Review of Thrombolytic Therapy in Frostbite. *J Burn Care Res.* 2016 Jul-Aug;37(4):e323-34. doi: 10.1097/BCR.0000000000000245. PMID: 25950290; PMCID: PMC4933583.
  9. Regli IB, Strapazzon G, Falla M, Oberhammer R, Brugger H. Long-Term Sequelae of Frostbite-A Scoping Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Sep 14;18(18):9655. doi: 10.3390/ijerph18189655. PMID: 34574580; PMCID: PMC8465633.
  10. Endorf FW, Alapati D, Xiong Y, DiGiandomenico C, Rasimas CS, Rasimas JJ, Nygaard RM. Biopsychosocial factors associated with complications in patients with frostbite. *Medicine (Baltimore).* 2022 Aug 26;101(34):e30211. doi: 10.1097/MD.00000000000030211. PMID: 36042625; PMCID: PMC9410586.
  11. McIntosh SE, Freer L, Grissom CK, Auerbach PS, Rodway GW, Cochran A, Giesbrecht GG, McDevitt M, Imray CH, Johnson EL, Pandey P, Dow J, Hackett PH. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Frostbite: 2019 Update. *Wilderness Environ Med.* 2019 Dec;30(4S):S19-S32. doi: 10.1016/j.wem.2019.05.002. Epub 2019 Jul 17. PMID: 31326282.
  12. Sun ML, Zhao F, Chen XL, Zhang XY, Zhang YZ, Song XY, Sun CY, Yang J. Promotion of Wound Healing and Prevention of Frostbite Injury in Rat Skin by Exopolysaccharide from the Arctic Marine Bacterium *Polaribacter* sp. SM1127. *Mar Drugs.* 2020 Jan 11;18(1):48. doi: 10.3390/md18010048. PMID: 31940773; PMCID: PMC7024241.
  13. Gao Y, Wang F, Zhou W, Pan S. Research progress in the pathogenic mechanisms and imaging of severe frostbite. *Eur J Radiol.* 2021 Apr;137:109605. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109605. Epub 2021 Feb 17. PMID: 33621855.
  14. Cauchy E, Chetaille E, Marchand V, Marsigny B. Retrospective study of 70 cases of severe frostbite lesions: a proposed new classification scheme. *Wilderness Environ Med.* 2001 Winter;12(4):248-55. doi: 10.1580/1080-6032(2001)012[0248:rsocos]2.0.co;2. PMID: 11769921.

15. Lorentzen AK, Davis C, Penninga L. Interventions for frostbite injuries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020 Dec 20;12(12):CD012980. doi: 10.1002/14651858.CD012980.pub2. PMID: 33341943; PMCID: PMC8092677.
16. Rathjen NA, Shahbodaghi SD, Brown JA. Hypothermia and Cold Weather Injuries. *Am Fam Physician.* 2019 Dec 1;100(11):680-686. PMID: 31790182.
17. Mills WJ Jr. Frostbite. A discussion of the problem and a review of the Alaskan experience. 1973. *Alaska Med.* 1993 Jan-Mar;35(1):29-0. PMID: 8214378.
18. Mills WJ Jr. Summary of treatment of the cold injured patient. 1980. *Alaska Med.* 1993 Jan-Mar;35(1):50-3. PMID: 8214379.
19. Rainsford KD. Ibuprofen: pharmacology, efficacy and safety. *Inflammopharmacology.* 2009 Dec;17(6):275-342. doi: 10.1007/s10787-009-0016-x. Epub 2009 Nov 21. PMID: 19949916.
20. Handford C, Thomas O, Imray CHE. Frostbite. *Emerg Med Clin North Am.* 2017 May;35(2):281-299. doi: 10.1016/j.emc.2016.12.006. PMID: 28411928
21. McCauley RL, Hing DN, Robson MC, Heggors JP. Frostbite injuries: a rational approach based on the pathophysiology. *J Trauma.* 1983 Feb;23(2):143-7. PMID: 6827634.
22. Biem J, Koehncke N, Classen D, Dosman J. Out of the cold: management of hypothermia and frostbite. *CMAJ.* 2003 Feb 4;168(3):305-11. PMID: 12566336; PMCID: PMC140473.
23. Imray C, Grieve A, Dhillon S; Caudwell Xtreme Everest Research Group. Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries. *Postgrad Med J.* 2009 Sep;85(1007):481-8. doi: 10.1136/pgmj.2008.068635. PMID: 19734516.
24. Joshi K, Goyary D, Mazumder B, Chattopadhyay P, Chakraborty R, Bhutia YD, Karmakar S, Dwivedi SK. Frostbite: Current status and advancements in therapeutics. *J Therm Biol.* 2020 Oct;93:102716. doi: 10.1016/j.jtherbio.2020.102716. Epub 2020 Sep 4. PMID: 33077129.
25. Lee J, Higgins MCSS. What Interventional Radiologists Need to Know About Managing Severe Frostbite: A Meta-Analysis of Thrombolytic Therapy. *AJR Am J Roentgenol.* 2020 Apr;214(4):930-937. doi: 10.2214/AJR.19.21592. Epub 2020 Feb 5. PMID: 32023122.
26. Millet JD, Brown RK, Levi B, Kraft CT, Jacobson JA, Gross MD, Wong KK. Frostbite: Spectrum of Imaging Findings and Guidelines for Management.

- Radiographics. 2016 Nov-Dec;36(7):2154-2169. doi: 10.1148/rg.2016160045. Epub 2016 Aug 5. PMID: 27494386; PMCID: PMC5131839.
27. Wang G , Liu J , Luo J , Sheng L . Texture Feature Differences between Fresh and Frozen-thawed Ex-vivo Porcine Liver Tissue in B-mode Ultrasonic Imaging. *Cryo Letters*. 2019 Jan/Feb;40(1):58-63. PMID: 30955032.
  28. Gross EA, Moore JC. Using thrombolytics in frostbite injury. *J Emerg Trauma Shock*. 2012 Jul;5(3):267-71. doi: 10.4103/0974-2700.99709. PMID: 22988410; PMCID: PMC3440898.
  29. Cauchy E, Marsigny B, Allamel G, Verhellen R, Chetaille E. The value of technetium 99 scintigraphy in the prognosis of amputation in severe frostbite injuries of the extremities: A retrospective study of 92 severe frostbite injuries. *J Hand Surg Am*. 2000 Sep;25(5):969-78. doi: 10.1053/jhsu.2000.16357. PMID: 11040315.
  30. Bruen KJ, Ballard JR, Morris SE, Cochran A, Edelman LS, Saffle JR. Reduction of the incidence of amputation in frostbite injury with thrombolytic therapy. *Arch Surg*. 2007 Jun;142(6):546-51; discussion 551-3. doi: 10.1001/archsurg.142.6.546. PMID: 17576891.
  31. Sheridan RL, Goldstein MA, Stoddard FJ Jr, Walker TG. Case records of the Massachusetts General Hospital. Case 41-2009. A 16-year-old boy with hypothermia and frostbite. *N Engl J Med*. 2009 Dec 31;361(27):2654-62. doi: 10.1056/NEJMcp0910088. PMID: 20042758.
  32. Wagner C, Pannucci CJ. Thrombolytic therapy in the acute management of frostbite injuries. *Air Med J*. 2011 Jan-Feb;30(1):39-44. doi: 10.1016/j.amj.2010.08.006. PMID: 21211711; PMCID: PMC4496156.
  33. Lacey AM, Rogers C, Endorf FW, Fey RM, Gayken JR, Schmitz KR, Punjabi GV, Whitley AB, Masters TC, Moore JC, Nygaard RM. An Institutional Protocol for the Treatment of Severe Frostbite Injury-A 6-Year Retrospective Analysis. *J Burn Care Res*. 2021 Aug 4;42(4):817-820. doi: 10.1093/jbcr/irab008. PMID: 33484248.
  34. Twomey JA, Peltier GL, Zera RT. An open-label study to evaluate the safety and efficacy of tissue plasminogen activator in treatment of severe frostbite. *J Trauma*. 2005 Dec;59(6):1350-4; discussion 1354-5. doi: 10.1097/01.ta.0000195517.50778.2e. PMID: 16394908.
  35. Hutchison RL. Frostbite of the hand. *J Hand Surg Am*. 2014 Sep;39(9):1863-8. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.01.035. PMID: 25154574.



36. Robins M, Hendriksen S, Cooper JS. Hyperbaric Management Of Frostbite. 2022 Aug 29. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. PMID: 28846273.
37. Pettit MT, Finger DR. Frostbite arthropathy. *J Clin Rheumatol*. 1998 Dec;4(6):316-8. doi: 10.1097/00124743-199812000-00005. PMID: 19078329.
38. Ervasti O, Hassi J, Rintamäki H, Virokannas H, Kettunen P, Pramila S, Linna T, Tolonen U, Manelius J. Sequelae of moderate finger frostbite as assessed by subjective sensations, clinical signs, and thermophysiological responses. *Int J Circumpolar Health*. 2000 Apr;59(2):137-45. PMID: 10998831
39. Khan MI, Tariq M, Rehman A, Zafar A, Sheen SN. Efficacy of cervicothoracic sympathectomy versus conservative management in patients suffering from incapacitating Raynaud's syndrome after frost bite. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2008 Apr-Jun;20(2):21-4. PMID: 19385450.