

PRZECHOWYWANIE I TRANSPORT NARZĄDÓW LUDZKICH PRZEZNACZONYCH DO PRZESZCZEPU

Łukasz WASZKIEWICZ

Wydział Mechaniczny
Politechnika Gdańska

1. WYMAGANE WARUNKI PRZECHOWYWANIA I TRANSPORTU NARZĄDÓW LUDZKICH

1.1. Zasady i metody przechowywania narządów

W normotermii (czyli temperaturze 37°C), przerwanie dopływu krwi do danego narządu powoduje szybką martwicę tkanek tworzących ten narząd. Aby zminimalizować skutki niedokrwienia i umożliwić przeszczepianie narządów o dobrej jakości funkcjonalnej, stosuje się różne techniki ich przechowywania.

Należy wyróżnić dwa okresy niedokrwienia przeszczepu:

- **niedokrwienie ciepłe**, narząd nie jest zaopatrywany w krew dawcy, ale też nie jest schłodzony. Taki okres niedokrwienia jest źle znoszony i nie powinien przekraczać kilku minut;
- **niedokrwienie zimne**, po wypłukaniu krwi z narządu i jego schłodzeniu do odpowiedniej dla niego temperatury, aż do ponownego odtworzenia krążenia u biorcy.

1.1.1. Szkody wywołane niedokrwieniem ciepłym

W przypadku przedłużenia się okresu niedokrwienia ciepłego powyżej kilkunastu minut, w komórkach narządu rozpoczyna się proces biochemicznych uszkodzeń powodowanych niedokrwieniem ciepłym. Podstawowe szkody wywołane takim niedokrwieniem, to:

- niedostatek tlenu i zatrzymanie produkcji cząstek NAD i ATP, które są podstawowym czynnikiem energetycznym komórek;
- kompensacja poprzez glikozę bez-

tenową i tworzenie kwasu mlekowego – metabolizm zostaje skierowany na tor glikozy beztlenowej, wytwarzającej kwas mlekowy i jony H^+ , przez co ma miejsce zakwaszenie środowiska wewnątrzkomórkowego. Błony lizosomalne rozpadają się doprowadzając do zniszczenia i samostrawienia komórek;

- zatrzymanie działania pompy sodowej – pompa sodowa jest inaktywowana przez obniżoną temperaturę i deficyt ATP. Jon sodowy przenika do wnętrza komórki pociągając za sobą cząsteczki wody, co powoduje obrzęk komórek.

Największym zagrożeniem, które wywołać może niedokrwienie ciepłe ujawnia się dopiero z chwilą odtworzenia krążenia w ciele biorcy. Ma wtedy miejsce przekształcenie tlenu w wolne rodniki o typie nadtlenków i ponadtlenków, niezwykle toksycznych i szkodliwych dla błon komórkowych. Taki proces często prowadzi do odrzucenia narządu lub nawet w niektórych przypadkach kończy się śmiercią pacjenta [1].

1.2. Schładzanie i przechowywanie narządów

Zabezpieczenie narządów przed uszkodzeniami wywołanymi niedokrwieniem ciepłym zależy głównie od schłodzenia. W istocie obniżenie temperatury tkanek powoduje zmniejszenie ich potrzeb energetycznych. Na podstawie badań i pomiarów dokonanych przez zespół międzynarodowych specjalistów i lekarzy udowodniono, że w temperaturze 5°C zapotrzebowanie na tlen stanowi nie więcej niż 5% zapotrzebowania w temperaturze 37°C.

Niemniej, niedokrwienie w stanie obniżonej temperatury nie zatrzymuje całkowicie metabolizmu komórkowego, zwalniając jedynie szybkość reakcji enzymatycznych i opóźniając śmierć komórki. Szkodliwe następstwa niedokrwienia zimnego mogą być łagodzone poprzez działanie wielu różnych molekuł wchodzących w skład płynów stosowanych do schładzania narządów. Udowodniono także, iż zbytne obniżenie temperatury (poniżej -5°C) jest również szkodliwe dla narządów ludzkich. Dlatego też po wstępnym ochłodzeniu narządu płynem chłodzącym do temperatury 0-4°C, zadaniem pojemników izobarycznych i komór chłodniczych jest utrzymanie tego poziomu temperatury w trakcie transportu narządów.

Po zakończeniu procesu schładzania narząd jest transportowany do szpitala.

1.2.1. Techniki schładzania

- Schładzanie powierzchniowe – zanurzenie przeszczepu w płynie o temperaturze 0°C jest obecnie rzadko stosowanym sposobem schładzania narządów. Temperatura całego narządu nie obniża się wystarczająco szybko, a jedynie na jego powierzchni. Metoda ta nie umożliwi wypłukania łożyska naczyniowego przeszczepu, stanowiąc ryzyko mikrozakrzepów poprzez nagromadzenie resztek komórkowych, agregatów płytkowych i fibrynoidów.
- Schładzanie poprzez perfuzję naczyń zaopatrujących przeszczep za pomocą roztworu o temperaturze 4°C łączy wszystkie wymogi właściwego obniżenia temperatu-

ry narządu pobieranego. Ta metoda schładzania zapewnia szybkość i jednorodność, połączone z wypłukaniem naczyń. W środowisku medycznym istnieje obecnie jednomyślność co do takiego sposobu schładzania.

- Schładzanie poprzez perfuzję „ex vivo”, czyli schładzanie poza organizmem dawcy stosowane w przypadkach pobrań od dawców żyjących. Niezwłocznie po pobraniu tętnica przeszczepu jest płukana roztworem schładzającym, najczęściej metodą grawitacyjną. Efektywność takiego działania potwierdza jednorodne odbarwienie narządu i wpływ płynu perfuzyjnego z naczyń żylnych.
- Przepłukiwanie „in situ”, czyli przepłukiwanie w organizmie dawcy pozwala na całkowite wyeliminowanie niedokrwienia ciepłego i uniknięcie preparowania szypuł naczyńiowych. Taką technikę można stosować tylko przy pobraniach od dawców w stanie śmierci mózgu. Polega ona na przepłukaniu i schłodzeniu narządów w organizmie dawcy przed ich wydobyciem, drogą perfuzji łożyska naczyniowego płynem chłodzącym, rozpoczynanej z chwilą zatrzymania krążenia [2].

1.2.2. Techniki przechowywania i transportu

Schłodzone narządy są przechowywane przed przeszczepieniem. W tym celu stosuje się dwie metody, a są to:

- **metoda termostabilna** – jest to metoda polegająca na zanurzeniu narządu w płynie o temperaturze pomiędzy 0 a 4°C. Technika ta jest najbardziej rozpowszechniona. Jest prosta, mało kosztowna i skuteczna w odniesieniu do takich narządów, jak wątroba czy trzustka oraz narządów przeszczepianych z powodu urazów powypadkowych, takich jak: palce kończyn górnych i dolnych, język czy uszy. Pobrany narząd zanurzony w płynie perfuzyjnym o funkcjach konserwujących jest w sposób sterylny i hermetyczny umieszczony w naczyniu o odpowiednich rozmiarach.

Naczynie to zabezpieczone podwójnym opakowaniem sterylnych worków plastikowych jest z kolei umieszczane w izotermicznym kontenerze lub pojemniku. W latach 90 pojemniki takie na czas przechowywania i transportu wypełnione były lodem w kostkach. Aktualnie najczęściej stosowane rozwiązanie, to wykorzystanie suchego lodu, który powinien zapewnić transportowanemu narządowi temperaturę w granicach 0-4°C. Stosowane są także droższe, zapewniające większe bezpieczeństwo pojemniki wyposażone w **układy sprężarkowe lub termoelektryczne**, choć używane są one głównie do transportu takich organów jak serce czy nerka. Długość okresu przechowywania i transportu narządów w przypadku tej metody nie może, w świetle międzynarodowych zaleceń, przekroczyć **48 godzin!**

- **metoda ciągłej perfuzji hipotermicznej** – jest zarezerwowana dla przeszczepów nerek. Wymaga ona specjalnej aparatury, a korzyści w porównaniu z poprzednią metodą, to dodatkowe 24 godziny możliwego przechowywania, co zapewnia łączny okres przechowywania i transportu równy **72 godzinom**. W przypadku tej metody narząd umieszczany jest w sterylnym naczyniu, gdzie jest stale perfundowany pulsacyjnie roztworem chłodzącym wzbogaconym w tlen i gdzie można stale kontrolować temperaturę, ciśnienie perfuzyjne oraz parametry biochemiczne przy użyciu układu elektronicznych czujników połączonych z komputerem przetwarzającym te informacje. W przypadku transportu narządów metodą tą stosuje się tylko w transporcie organów wysokiego ryzyka, takich jak nerki czy serce. Aparatura chłodniczo-medyczna pozwalająca stosować tą metodę w trakcie transportu narządu do przeszczepu znajduje się w tej chwili jedynie w nielicznych pojazdach i helikopterach służb ratowniczych, głównie w USA i krajach europejskich z wysoko rozwiniętą

służbą zdrowia [3].

W przypadku braku dostępu do pojazdów i helikopterów zaopatrzonych w urządzenia pozwalające transportować organy przy pomocy metody ciągłej perfuzji hipotermicznej, nerki i serca transportowane są przy użyciu metody termostabilnej. W okresie od około 2000 roku praktycznie zaprzestano w przypadku takiego transportu korzystania z przenośnych pojemników izotermicznych na rzecz układów chłodniczo-analitycznych, w które wyposażane są pojazdy i helikoptery służb medycznych.

1.2.3. Skład i właściwości płynów konserwujących

Zadaniem płynu konserwującego jest:

- zmniejszenie obrzęku komórki i odtworzenie ciśnienia osmotycznego zewnątrzkomórkowego,
- zapobieganie kwasicy wewnątrzkomórkowej,
- ograniczenie poszerzania się przestrzeni międzykomórkowej w momencie perfuzji narządu, co może upośledzać krążenie włosieniczkowe i uniemożliwiać dobrą dyfuzję roztworu,
- ograniczenie uszkodzeń reperfuzyjnych, powodowanych przez wolne rodniki, powstałe w narządzie w czasie przechowywania.

W celu ułatwienia wymiany pomiędzy ośrodkami transplantacyjnymi i unifikacji płynów konserwujących narządy przeszczepiane, współcześnie używa się głównie trzech podstawowych roztworów, a są to:

- **Roztwór Euro-Collins** – stworzony w celu przechowywania przeszczepów nerek, zawdzięcza swoją wysoką osmolarność wysokim stężeniom glukozy i potasu. Roztwór ten został powszechnie zaakceptowany w Europie celem ułatwienia wymiany pomiędzy ośrodkami transplantacyjnymi. Płyn Euro-Collins pozwala na przechowywanie nerek **do 48 godzin**. Jest on zdecydowanie mniej skuteczny dla przeszczepów wątroby i trzustki, pozwalając na bezpieczne ich przechowywanie do 6-8 godzin. Glukoza, zasadniczy składnik „nieprzepuszczalności” płynu Euro-collins, jest źle dosto-

sowana do przechowywania tych narządów, natomiast w przypadku nerek mamy do czynienia z autoregulacją metabolizmu, która odpowiada za lepszą tolerancję glukozy w roztworach konserwujących nerkę.

- **Roztwory „kardioplegiczne”** – których użycie w chirurgii na otwartym sercu zostało poszerzone o przechowywanie przeszczepów serca. Wspólną cechą tych roztworów jest wysokie stężenie potasu i hyperosmolarność. Mimo, iż jest to najlepiej konserwujący płyn, jego zdolność przechowywania nie przekracza czasu **od 3 do 6 godzin**. Z tego powodu płyn ten jest wykorzystywany głównie w wypadku, gdy biorca i dawca znajdują się w tym samym ośrodku i czas przechowywania będzie bardzo krótki.
- **Roztwór UW** – jest to roztwór opracowany przez zespół profesorów Belzera i Southarda na Uniwersytecie Wisconsin. Roztwór ten znacznie zmienił logistykę przeszczepów takich narządów, jak trzustka i wątroba, uprzednio pozbawionych możliwości wymiany pomiędzy ośrodkami i wykonywanymi pod dużą presją wpływającego czasu. Roztwór UW pozwala, mimo iż zalecany jest okres nie dłuższy niż 24 godzin, przechowywać wątrobę i trzustkę **do 30 godzin**. Zdolność tego płynu do konserwacji przeszczepów serca znajduje się w fazie badań.

Podstawowe zalety roztworu UW stosowanego aktualnie w ok. 90% przypadków przeszczepu wątroby lub nerek, to [4]:

- utrzymanie płynu w przestrzeni wewnątrznaczyniowej w czasie perfuzji narządu, dzięki działaniu osmotycznemu nietoksycznego koloidu (hydroksyetylamidonu);
- zmniejszanie obrzęku komórkowego, dzięki wysokim stężeniom efektywnych „uszczelnaczy”: mleczanu potasu i rafinozy;
- dostarczanie substratów niezbędnych do szybkiej resyntezy ATP (adenozyna);
- przeciwdziałanie tworzeniu się lub szkodliwym efektem działania

wolnych rodników na błony komórkowe.

Problematyka płynów konserwujących przeszczepy stanowi obecnie obiekt wielu badań naukowych na całym świecie. Największy nacisk kładzie się na uszkodzenia, jakim poddawane są narządy w momencie reperfuzji i zapobieganie im poprzez dodawanie do płynów odpowiednich molekuł.

2. PRZEGLĄD WRAZ Z OCENĄ TECHNICZNĄ POJEMNIKÓW IZOTERMICZNYCH DLA MEDYCYNY Z WŁASNYM SYSTEMEM CHŁODZENIA

Dostępne na rynku krajowym i zagranicznym pojemniki izotermiczne stworzone na potrzeby medyczne można podzielić na 3 podstawowe grupy, a są to:

- **pojemniki izotermiczno-elektroniczne** – są to pojemniki przeznaczone głównie do transportu nerek czy serc, czyli narządów, które w trakcie transportu wymagają stałej kontroli parametrów dokonywanej przez zespół czujników i analizowanych przez komputer. Urządzenia tego typu są w związku z tym urządzeniami najdroższymi na rynku i ich używanie do transportu innych organów jest nieopłacalne ze względów finansowych. Pojemniki tego typu posiadają układ regulacji temperatury z dokładnością nawet do 0,01 K oraz możliwość zmiany takich parametrów, jak ciśnienie perfuzyjne, gęstość płynu konserwującego, czy inne parametry biochemiczne;
- **pojemniki izotermiczne do transportu narządów typu A** – są to pojemniki do transportu narządów, takich jak wątroba i trzustka. Urządzenia tego typu nie posiadają zwykle układu regulacji temperatury, a jedynie zapewniają temperaturę na wybranym poziomie (przeważnie 0-4°C). Jako sposób chłodzenia dla utrzymania niskiej temperatury w przestrzeni ładunkowej, w pojemnikach tego typu wykorzystuje się zazwyczaj suchy lód oraz rzadziej, urządzenie sprężarkowe;
- **pojemniki izotermiczne do trans-**

portu narządów typu B – są to pojemniki przeznaczone do transportu narządów, które wymagają przyszcicia lub przeszczepienia powrotnego. Do tego typu narządów należą amputowane w trakcie wypadków takie, jak: palce, języki, czy też np. małżowina uszna. Warunki temperaturowe wymagane przez narządy tego typu sprawiają, iż urządzenia takie działają przeważnie w zakresach od -10 do 5°C. Jako urządzenia uniwersalne nie przystosowane do transportu jedynie jednego czy dwóch rodzajów narządów, pojemniki te posiadają możliwość regulacji temperatury przeważnie z dokładnością do 1 K, w zależności od rodzaju i wymagań narządu umieszczonego w środku.

2.1. Pojemniki izotermiczno-elektroniczne

2.1.1. Pojemniki firmy Dometic Systems (Rys.1)

Pojemniki wykonane ze specjalnie modyfikowanego polietylenu, który zapewnia wysoką odporność mechaniczną oraz odporność na korozję. Pojemniki te dostępne są w 6 rozmiarach (7, 12, 16, 20, 25 i 30 litrów) i przeznaczone do wykorzystania głównie w przypadku wysokich temperatur otoczenia. Z tego powodu podstawowym rynkiem ich zbytu są ośrodki przeszczepowe znajdujące się w krajach kontynentu afrykańskiego. Pojemniki zapewniają regulację temperatury w zakresie od -30°C do około 15°C. Urządzenie wyposażone jest w system czujników alarmujących o wszelkich przekroczeniach obowiązujących norm. Ostrzeżenie wyświetlone zostaje na wyświetlaczu elektronicznym oraz zasygnalizowane dźwiękiem odpowiadającym danemu zdarzeniu. Urządzenie wyposażone jest w układ sprężarkowy i akumulator, który po naładowaniu gwarantuje pracę przez okres **36 godzin**. Akumulator może być ładowany napięciem 12 lub 220 V. Pojemniki tego typu używane są głównie do transportu serc i nerek. Waga pojemnika zależy od jego pojemności i wynosi 2-9 kg. Cena takiego urządzenia wynosi około 200 Euro.



Rys.1. Pojemnik izotermiczny firmy Domecic Systems [5]

2.1.2. Pojemniki firmy Olivo Cold Logistics

Firma Olivo jest jednym ze światowych liderów, jeśli chodzi o produkcję pojemników izotermicznych, lodówek medycznych, czy chłodziw medycznych. Firma ta znajduje się na rynku amerykańskim od wielu lat i stale powiększając swoje wpływy, w roku 2000 weszła na rynek europejski. Pojemniki do transportu narządów tej firmy produkowane są seryjnie w 6 rozmiarach, jednak istnieje możliwość złożenia zamówienia według indywidualnych potrzeb. Oprócz tego klient decyduje o sposobie chłodzenia zastosowanym w potrzebnym mu pojemniku. Można zdecydować się na suchy lód lub też, co oczywiście wiąże się z większymi kosztami, złożyć zamówienie na pojemnik chłodzony urządzeniem sprężarkowym. W zależności od potrzeb, warunki temperaturowe urządzenia można regulować w zakresie od -15°C do 35°C . Waga pojemnika, w zależności od pojemności waha się w granicach 3-12 kg. Cena tego pojemnika nie przekracza 250 Euro.

2.1.3. Pojemniki firmy Trans Medic (Rys.2)

Firma Trans Medic znana jest z wprowadzenia na rynek całej gamy produktów i urządzeń związanych z dziedziną transplantologii. Obecnie zajmuje się również kompletnym wyposażeniem w sprzęt do przeszczepów szpitali i ośrodków medycznych, głównie w Azji i Europie. Urządzenie to posiadające dwa niezależne źródła chłodzenia (suchy lód i urządzenie sprężarkowe) pozwala dowolnie regulować temperaturę wewnątrz pojemnika w zakresie od -60°C do 40°C z dokładnością do 0,1 K. Posiada ono wiele dodatko-

wych modułów odpowiadających za pomiar, odczyt i analizę parametrów biochemicznych narządu znajdującego się w trakcie transportu. Pojemnik używany jest jedynie do transportu serca ludzkiego. Waga takiego urządzenia to około 15 kg, a jego cena wynosi 400 Euro. Jest to największy prezentowany w tym opracowaniu pojemnik i nie jest on raczej noszony w rękach, posiada natomiast kółka, które ułatwiają jego łatwe przemieszczanie.



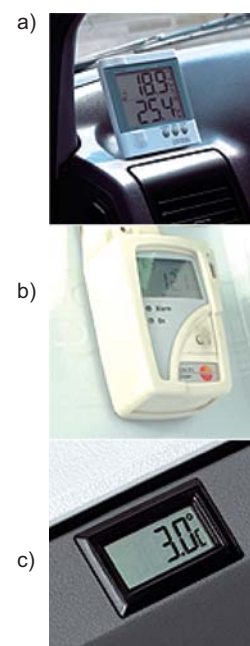
Rys.2. Pojemnik izotermiczny firmy Trans Medics [7]

2.1.4. Pojemniki firmy Waeco Cool (Rys. 3 i 4)

Jest to pojemnik uważany na świecie za jedno z najdoskonalszych urządzeń w tej kategorii. Jego masa całkowita wynosi zaledwie 2,5 kg przy wymiarach $400 \times 300 \times 400$ mm. Urządzenie działające w zakresie temperatur -40°C do 55°C pozwala na regulację temperatury z dokładnością do 0,01K. Istnieje możliwość jego zasilania prądem 12 i 220 V. Główną zaletą tego urządzenia w porównaniu z konkurencją jest duża liczba dodatkowych modułów pomiarowych i analizujących, które przy transporcie serca lub nerki stają się szczególnie potrzebne. Cena pojemnika, to około 400 Euro.



Rys.3. Pojemnik izotermiczny firmy Waeco Colo [8]



Rys.4. Dodatkowe moduły pomiarowe pojemnika izotermicznego firmy Waeco Cool [9]: a) moduł do pomiaru aktualnego stanu temperatury i ciśnienia znajdujący się w pobliżu kierownicy pojazdu; b) moduł do pomiaru ciśnienia perfuzyjnego; c) pomiar temperatury wewnątrz i na zewnątrz pojemnika

2.2. Pojemniki izotermiczne do transportu narządów - typu A

2.2.1. Pojemniki firmy Kodiak Medic (Rys. 5)

Wśród bogatego wachlarza pojemników medycznych, firma oferuje całą gamę produktów nastawionych na transport narządów. Prezentowane poniżej pojemniki służą do przechowywania i transportu narządów, takich jak trzustka czy wątroba. Pojemnik chłodzony jest za pomocą suchego lodu i produkowany w 2 rozmiarach ($400 \times 350 \times 400$ mm oraz $600 \times 400 \times 600$ mm). Brak tu układu odpowiadającego za regulację temperatury, co powoduje, że urządzenie jest stosunkowo tanie w porównaniu do innych urządzeń tej kategorii. Pojemnik jest również stosunkowo ciężki (masa około 9 kg), gdyż w celu wzmocnienia wytrzymałości i odporności jego obudowa posiada elementy metalowe. Główne zadanie chłodnicze stawiane przed tym pojemnikiem, to utrzymanie temperatury narządu na poziomie $0-4^{\circ}\text{C}$. Cena tego urządzenia waha się w granicach 150 Euro.



Rys.5. Pojemnik izotermiczny firmy Kodiak [10]

2.2.2. Pojemniki firmy Medic Supplies Co. (Rys. 6)

Pojemniki firmy Medic Supplies Co. uważane są za urządzenia skuteczne i niezawodne. Pojemników tej firmy używa w przypadku przeszczepów wątroby bądź trzustki większość ośrodków i szpitali na terenie Stanów Zjednoczonych. Urządzenia produkowane są w 20 różnych rozmiarach, jednak przeważnie nie posiadają one regulacji temperatury, ani żadnych dodatkowych urządzeń diagnostycznych. W ofercie znajdują się modele chłodzone suchym lodem oraz korzystające z układu sprężarkowego. Cena pojemnika nie przekracza 160 Euro.



Rys.6. Pojemnik izotermiczny firmy Medic Supplies Co. [11]

2.2.3. Pojemniki firmy Organ Care Systems

Pojemniki firmy Organ Care Systems są używane od wielu lat przez ośrodki

lecnicze i szpitale w Europie (głównie we Francji i Wielkiej Brytanii). Produkowane są one w 3 rozmiarach (30 litrów, 50 litrów i 70 litrów) o wadze odpowiednio 3, 6 i 9 kilogramów. Urządzenie utrzymuje temperaturę narządu na poziomie 0-4°C i nie jest wyposażone w żadne dodatkowe moduły pomiarowo-analityczne. To właśnie prostota tego urządzenia stanowi według projektantów o jego wysokiej skuteczności i wytrzymałości. Cena tego pojemnika nie odbiega od cen urządzeń tej kategorii u konkurencji i utrzymuje się na poziomie 150 Euro.

2.3. Pojemniki izotermiczne do transportu narządów - typu B

2.3.1. Pojemniki firmy Sofrigam (Rys. 7)

Firma ta specjalizuje się w wytwarzaniu pojemników izotermicznych przeznaczonych do przechowywania narządów ludzkich od momentu wypadku do ponownego przyszczenia bądź przeszczepu. Specjalna sterylna komora wypełniona płynami konserwującymi umożliwia przechowywanie narządów bezpośrednio w pojemniku bez konieczności używania szczelnych plastikowych toreb. Chłodzony za pomocą układu sprężarkowego pojemnik może działać w zakresie temperatur od -60°C do 5°C. Urządzenie posiada regulator temperatury utrzymywanej z dokładnością do 0,1 K, gdyż temperatury przechowywania i transportu np. języka i palców kończyn górnych różnią się od siebie zdecydowanie. Pojemniki przygotowywane są w 3 rozmiarach, a cena pojedynczej sztuki waha się w granicach 200 Euro.



Rys.7. Pojemnik izotermiczny firmy Sofrigam [13]

2.3.2. Pojemniki firmy Med Technologies (Rys.8)

Cechą szczególną, która wyróżnia te pojemniki wśród ofert konkurencji jest sposób ich chłodzenia. Nie użyto w tym przypadku najczęściej stosowanych sposobów chłodzenia suchym lodem lub urządzeniem sprężarkowym. W przypadku pojemników tej firmy za utrzymanie narządów w niskiej temperaturze odpowiedzialne są specjalne wymienne płytki chłodnicze. Płytki te układa się wzdłuż ścian pojemnika oraz po włożeniu narządu przykrywa się go taką płytką również z góry. Według danych producenta pięć takich płytek o wymiarach 300x300mm wystarczy, aby schłodzić narząd i utrzymać jego temperaturę na poziomie około -10°C przez czas 48 godzin. Pojemnik jest produkowany w dużej ilości rozmiarów, podobnie jak wymienne płytki chłodnicze. Jest to rozwiązanie innowacyjne, jeśli chodzi o techniki transportu organów i brak jest jakichkolwiek opinii o skuteczności tego rodzaju pojemnika. W tej chwili jego jedyną potwierdzoną zaletą jest niska cena (w granicach 100 Euro).



Rys.8. Pojemnik izotermiczny firmy Med Technologies [14]

2.3.3. Pojemniki firmy Olivo (Rys. 9)

Firma Olivo, jeden ze światowych liderów w produkcji pojemników i opakowań izotermicznych posiada w swojej ofercie również urządzenia do transportu narządów powypadkowych. Pojemniki przygotowywane w dwóch wersjach pojemności posiadają regulację temperatury, którą utrzymują na poziomie od -50°C

do +10°C. Jako sposób chłodzenia zastosowano w nich dwa rozwiązania. Część modeli wyposażona jest w urządzenie sprężarkowe, a część chłodzona jest suchym lodem. W urządzenia tej firmy wyposażone są karetki szybkiego reagowania w ponad 15 krajach Europy. Nie dziwi więc fakt, że urządzenie to, według specjalistów w dziedzinie transplataologii uważane jest za najlepsze w swojej kategorii na rynku.



BAC 55

K value: 0,375



BAC 75

K value: 0,373

Rys.9. Pojemnik izotermiczny firmy Olivo [15]

2.4. Rynek medycznych pojemników izotermicznych w Polsce i na świecie

Niestety mimo rozwoju tej dziedziny techniki na świecie, w Polsce wciąż brakuje firmy zajmującej się produkcją tego typu pojemników o przeznaczeniu medycznym. Kilka firm, które produkują na terenie polski pojemniki izotermiczne nie posiada w swojej ofercie produktów przeznaczonych na rynek medyczny. Istnieje możliwość wykonania takiego pojemnika w tych firmach, jednak na podstawie własnego projektu i przy cenie jednostkowej, która dla wielu szpitali zainteresowanych takim rozwiązaniem jest wciąż ceną zaporową.

Dodatkowym problemem na drodze projektantów chcących zająć się tą dziedziną jest fakt, iż większość szpitali i placówek medycznych w Polsce zaopatruje się w wyposażenie i sprzęt szpitalny w dużych koncernach medycznych, które zaopatrują szpitale we wszystkie potrzebne urządzenia, w tym również w sprzęt wykorzystywany podczas przeszczepów. Jest to główny powód tego, że nawet w przypadku stworzenia takiego produktu i zachowania

promocyjnej ceny względem konkurencji, może okazać się, że rodzimy wyrob nie będzie miał rynku zbytu, gdyż szpitale zobowiązane są kupować sprzęt pakietowo i nie mogą decydować się na indywidualne zamówienia od firm nie mających z nimi kontraktów. W takim przypadku jedyną drogą zbytu dla takiego towaru okazują się prywatne kliniki medyczne w kraju i zagranicą.

LITERATURA:

- [1] Norman Dison: Techniki transplantacyjne. SKA. Katowice. 1998.
- [2] Uchmanowicz I.: Profilaktyka przeszczepów narządów. PLZD. Warszawa. 2000.
- [3] Transplant Proces. Przegląd Piśmiennictwa Chirurgicznego. 1999. s.2059-2104
- [4] Bilikiewicz T.: Transplantologia. GWP. Gdańsk. 1997.
- [5] http://www.medmarketplace.com/dometric_systems
- [6] <http://olivo-logistics.com>
- [7] <http://www.transmedics.com>
- [8] <http://www.solumed.com/waecocool>
- [9] <http://www.solumed.com/waecoparts>
- [10] http://www.kodiak_medical.org
- [11] http://www.medicshop.com/medic_supplies
- [12] <http://www.organcare.de>
- [13] <http://www.sofrigam.com/en/>
- [14] <http://www.medtech.com>
- [15] http://en.olivo-logistics.com/roll_isotherme.php