

Mikołaj Kobelski<sup>1</sup>, Maria Wanic-Kossowska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Baxter Polska, Warszawa

<sup>2</sup>Katedra i Klinika Nefrologii, Transplantologii i Chorób Wewnętrznych, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu

# Telemonitoring w dializoterapii otrzewnowej

## Telemonitoring in peritoneal dialysis

### ABSTRACT

Telehealth is key innovation in modern medicine. One area of telehealth is telemedicine, which enables the diagnosis and treatment of patients at a distance using information technology. Among the various types of telemedicine activities is telemonitoring,

also referred to as remote patient monitoring. This article reviews the literature presenting the use of synchronous and asynchronous remote monitoring systems for managing peritoneal dialysis patients.

Forum Nefrol 2017, vol 10, no 4, 250–257

**Key words:** telemedicine, remote patient monitoring, peritoneal dialysis

### WSTĘP

W 2016 roku międzynarodowa firma Deloitte zajmująca się usługami doradczymi i audytorskimi opublikowała raport przedstawiający dziesięć kluczowych innowacji w opiece zdrowotnej. W raporcie tym innowacja została zdefiniowana jako każda kombinacja działań lub technologii, która pozwala złamać istniejące kompromisy wydajnościowe w osiąganiu wyników rozszerzających zakres dostępnych możliwości. W przypadku opieki zdrowotnej polega to na dostarczaniu „więcej za mniej”, czyli osiąganiu lepszych wyników leczenia mniejszym kosztem w sposób rozszerzający obecne metody terapii [1].

Wśród kluczowych innowacji wymienionych we wspomnianym raporcie wymieniono telezdrowie (*telehealth*), które oferuje „więcej za mniej” poprzez wygodniejszy dla pacjentów dostęp do opieki zdrowotnej przy jednoczesnym zmniejszeniu liczby bezpośrednich spotkań z lekarzem oraz czasu i kosztów podróży związanych z pozyskaniem porady zdrowotnej [1]. Telezdrowie wykorzystuje technologie z obszaru informatyki i telekomunikacji w celu świadczenia opieki medycznej na odległość,

a także dostarczania profesjonalnej edukacji zdrowotnej. Telezdrowie umożliwia lekarzom i pielęgniarkom bezpośrednie połączenie z pacjentem oraz zdalne zbieranie informacji na temat jego stanu klinicznego. Takie rozwiązanie ułatwia kontakt z lekarzem w wygodny sposób, poprawiając dostęp do opieki zdrowotnej [2]. Świadomość zdalnego nadzoru zwiększa poczucie bezpieczeństwa, co zachęca pacjentów do samoopieki, czyli samodzielnego podejmowania działań na rzecz własnego zdrowia. Telezdrowie jest zatem rozwiązaniem szczególnie odpowiednim dla osób, które chcą mieć kontrolę nad własnym zdrowiem i dobrym samopoczuciem.

Jednym z obszarów telezdrowia jest telemedycyna. Telemedycyna to diagnozowanie i leczenie pacjentów na odległość z wykorzystaniem technologii informacyjnej, a więc rozwiązań z zakresu informatyki i telekomunikacji, do zbierania, przetwarzania, przesyłania, przechowywania, zabezpieczania i prezentowania informacji na temat stanu klinicznego pacjenta. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) definiuje telemedycynę jako dostarczanie przez specjalistów usług medycznych, w przypadku gdy

▶▶ Telezdrowie umożliwia lekarzom i pielęgniarkom bezpośrednie połączenie z pacjentem oraz zdalne zbieranie informacji na temat jego stanu klinicznego ◀◀

▶▶ Świadomość zdalnego nadzoru zwiększa poczucie bezpieczeństwa, co zachęca pacjentów do samoopieki ◀◀

#### Adres do korespondencji:

dr n. med. Mikołaj Kobelski  
Baxter Polska Sp. z o.o.  
ul. Kruczkowskiego 8, 00–380 Warszawa  
tel. kom.: 660 568 522  
e-mail: mikolaj\_kobelski@baxter.com

dystans jest kluczowym czynnikiem, poprzez wykorzystanie technologii komunikacyjnych do wymiany informacji istotnych dla diagnozy, leczenia, profilaktyki, badań, konsultacji czy wiedzy medycznej w celu polepszenia zdrowia pacjenta [3].

W raporcie przygotowanym przez ekspertów Fundacji im. Leśława A. Pagi przedstawiającym uwarunkowania rozwoju telemedycyny w Polsce [4] scharakteryzowano następujące rodzaje usług telemedycznych: telemonitoring, telediagnostykę, telekonsultację, telenauczanie, teleoperację, telerehabilitację. Zgodnie z raportem telemonitoring to rodzaj działalności telemedycznej polegającej na wykorzystaniu specjalnie zaprojektowanych urządzeń do automatycznego pomiaru istotnych parametrów klinicznych pacjenta chorego przewlekle. Wyniki pomiarów przesyłane są drogą elektroniczną do centrum monitorowania, gdzie zostają opracowane i wstępnie zinterpretowane za pomocą specjalistycznego oprogramowania. W przypadku stwierdzenia istotnych odchyłań od ustalonych progów powiadamiany jest lekarz podejmujący decyzje dotyczące dalszego postępowania. Tak zdefiniowany telemonitoring nazywany jest również zdalnym monitorowaniem pacjenta.

## **METODY ZDALNEGO MONITOROWANIA PACJENTÓW**

W zależności od czasu odpowiedzi eksperta na zebrane dane kliniczne systemy zdalnego monitorowania pacjentów można podzielić na synchroniczne i asynchroniczne [5]. W przypadku systemów synchronicznych informacje na temat stanu zdrowia pacjenta analizowane są przez lekarza w czasie rzeczywistym. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest w tym przypadku tele- lub wideokonferencja, to jest bezpośrednia rozmowa między lekarzem i pacjentem z wykorzystaniem łącza telekomunikacyjnego. Model asynchroniczny bazuje natomiast na metodzie „przechowaj i przekaż” (*store and forward*), która polega na zebraniu i zapisaniu wybranych parametrów klinicznych w bazie danych na serwerze, a następnie przesłaniu ich w wybranym czasie do eksperta. Możliwe jest tutaj również logowanie na serwerze i przeglądanie przez eksperta udostępnionych mu danych w wygodnym dla niego terminie. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość wstępnej automatycznej analizy danych przez system komputerowy i oznaczenie ewentualnych odchyłań, co znacznie ułatwia

ekspertowi interpretację informacji. Poniżej przedstawiono przegląd doniesień dotyczących zastosowania synchronicznych i asynchronicznych systemów w monitorowaniu pacjentów dializowanych otrzewnowo.

## **SYSTEMY SYNCHRONICZNE**

Rozwiązaniem szczególnie przydatnym dla pacjentów dializowanych otrzewnowo jest możliwość dwustronnej komunikacji w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem wysokiej jakości systemu wideokonferencyjnego. Taki sposób kontaktu pozwala pacjentowi na szybkie zasięgnięcie opinii lekarza lub pielęgniarki w przypadkach budzących wątpliwości, na przykład podczas oceny miejsca ujęcia cewnika Tenckhoffa. Rozwiązanie to daje również możliwość wizualnej inspekcji warunków środowiskowych, w których prowadzona jest dializoterapia.

Pierwsze próby zastosowania systemów wideokonferencyjnych w dializie otrzewnowej rozpoczęły się na przełomie XX i XXI wieku. W 2000 roku Stroetman i wsp. opisali ekonomiczne rozwiązanie nazwane teledializą, które wykorzystywało łącze ISDN (*Integrated Services Digital Network*) o szybkości 128 kbit/s do prowadzenia wideokonferencji z pacjentami dializowanymi otrzewnowo [6]. W tym pilotażowym projekcie uczestniczyło pięciu pacjentów, którzy po wstępnym przeszkoleniu łączyli się raz w tygodniu z macierzystym ośrodkiem dializ. W czasie połączenia wideo zbierano informacje na temat podstawowych parametrów życiowych, dokonywano oceny miejsca ujęcia cewnika oraz przejrzystości drenowanego płynu, sprawdzano poprawność wykonywania wymiany, rozwiązywano problemy zgłaszane przez pacjentów, a w razie konieczności zmieniano terapię lub dawkowanie leków.

Projekt został bardzo dobrze przyjęty przez pacjentów, gdyż ta dodatkowa możliwość kontaktu z ośrodkiem dializ dawała im większe poczucie bezpieczeństwa. Aspekty organizacyjne i wdrożenie systemu teledializy nie sprawiły większych trudności. W przypadku oceny miejsca ujęcia oraz przejrzystości płynu zauważono, że istotne znaczenie ma jakość przesyłanego obrazu, co wiąże się w koniecznością stosowania kamer o większej rozdzielczości oraz szybszego łącza internetowego, co przekłada się na wzrost kosztów. Istotnym mankamentem zaobserwowanym w czasie prowadzenia projektu była znaczna ilość czasu poświęcanego na rozwiązywanie problemów technicznych

▶▶Rozwiązaniem szczególnie przydatnym dla pacjentów dializowanych otrzewnowo jest możliwość dwustronnej komunikacji w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem wysokiej jakości systemu wideokonferencyjnego◀◀

▶▶W przypadku systemów synchronicznych informacje na temat stanu zdrowia pacjenta analizowane są przez lekarza w czasie rzeczywistym◀◀

▶▶Model asynchroniczny bazuje natomiast na metodzie „przechowaj i przekaż” (*store and forward*), która polega na zebraniu i zapisaniu wybranych parametrów klinicznych w bazie danych na serwerze, a następnie przesłaniu ich w wybranym czasie do eksperta◀◀

▶▶ Korzystanie z usług sprawdzonych dostawców rozwiązań informatycznych i telekomunikacyjnych pozwala uniknąć marnowania czasu personelu ośrodka dializ oraz irytacji pacjentów◀◀

▶▶ Metody asynchroniczne mogą być z powodzeniem stosowane do wspierania pacjentów z chorobami przewlekłymi, którzy samodzielnie leczą się w domu, lecz nie potrzebują bezpośredniego wsparcia lekarza w czasie rzeczywistym lub mieszkają w dużej odległości od infrastruktury zapewniającej odpowiednio szybkie łącze internetowe◀◀

▶▶ Zdalne wizyty pozwoliły zaoszczędzić czas i koszty związane z transportem pacjentów, a także koniecznością przeprowadzania przez pielęgniarki kontrolnych wizyt domowych◀◀

związanych z połączeniem. Warto zatem mieć na uwadze, że korzystanie z usług sprawdzonych dostawców rozwiązań informatycznych i telekomunikacyjnych pozwala uniknąć marnowania czasu personelu ośrodka dializ oraz irytacji pacjentów. Jest to jeden z kluczowych czynników wpływających na sukces zdalnego monitorowania.

Gallar i wsp. [7] przedstawili wyniki wdrożenia systemu telemedycznego u nieco większej liczby pacjentów. W prospektywnym badaniu z randomizacją, trwającym w latach 2003–2005, porównano dwie grupy pacjentów dializowanych otrzewnowo. W grupie badanej liczącej 25 chorych przeprowadzono telekonsultacje z wykorzystaniem systemu wideokonferencyjnego na zmianę z tradycyjnymi wizytami, natomiast w 32-osobowej grupie kontrolnej odbywały się tradycyjne comiesięczne wizyty. Pacjenci z badanej grupy byli średnio obserwowani przez 8 miesięcy i w ciągu 2 lat trwania badania przeprowadzono łącznie 172 telekonsultacje. Średni czas widokonferencji wyniósł 22 minuty i był o 11 minut krótszy od tradycyjnej wizyty ( $p < 0,01$ ). W każdym przypadku możliwa była zdalna wizualna ocena miejsca ujęcia oraz potencjalnych obrzęków. Prawie 90% telekonsultacji zakończyło się modyfikacją stosowanej terapii, a w 4 przypadkach konieczna była hospitalizacja. W badanej grupie średni czas hospitalizacji wynosił 2,2 dni na pacjentorok, co było wynikiem istotnie niższym w porównaniu z grupą kontrolną (5,7 dnia na pacjentorok). Warto zaznaczyć, że w momencie rozpoczęcia obserwacji nie stwierdzono istotnej różnicy między grupami, jeśli chodzi o współczynnik współchorobowości Charlsona.

Zdalne wizyty pozwoliły zaoszczędzić czas i koszty związane z transportem pacjentów, a także koniecznością przeprowadzania przez pielęgniarki kontrolnych wizyt domowych. Problemy techniczne z połączeniem wystąpiły w prawie 1/5 telekonsultacji, jednak tylko w 4 przypadkach uniemożliwiły one przeprowadzenie spotkania. Około 90% pacjentów z badanej grupy odczuło poprawę jakości życia dzięki możliwości uczestniczenia w zdalnych wizytach. Pomimo tego dziewięciu pacjentów uznało telekonsultacje za nadmierną ingerencję w ich prywatność. Podczas rekrutacji zaobserwowano, że starsi pacjenci częściej odmawiali udziału w badaniu, co wytłumaczono ich obawą przed innowacjami. Natomiast do osób szczególnie zadowolonych z teledializy należeli pacjenci pracujący. Obliczono, że

koszt wizyty zdalnej był nieco wyższy od kosztu wizyty standardowej. Warto jednak zauważyć, że ponad połowę kosztów rozwiązania telemedycznego stanowił sprzęt i łącze internetowe. W dzisiejszych czasach wydatki te byłyby znacznie mniejsze.

Interesującym przykładem synchronicznego systemu telemedycznego jest wideodializa opracowana i rozwijana przez Viglino i wsp. [8]. Rozwiązanie to umożliwia zdalną asystę pielęgniarki przy zabiegach dializy otrzewnowej. Dużą zaletą systemu jest wysokiej jakości zdalnie kierowana kamera z 16-krotnym optycznym powiększeniem obrazu, która umożliwia wiarygodną ocenę miejsca ujęcia, przejrzystości płynu, daty ważności na workach i tym podobne. Warto obejrzeć dostępny na portalu YouTube film pokazujący działanie systemu [9]. Według doniesień pomysłodawcy z systemu tego korzystało kilku pacjentów. Niestety, brakuje publikacji naukowych dotyczących tego rozwiązania.

## SYSTEMY ASYNCHRONICZNE

Metody synchroniczne dobrze sprawdzają się w sytuacjach, w których konieczne jest zapewnienie kontaktu z pacjentem mieszkającym w znacznej odległości od ośrodka klinicznego. Jednak dobrej jakości wideokonferencja z płynnym obustronnym przesyłaniem obrazu i dźwięku w czasie rzeczywistym wymaga szybkiego szerokopasmowego łącza internetowego. Metody asynchroniczne mogą być z powodzeniem stosowane do wspierania pacjentów z chorobami przewlekłymi, którzy samodzielnie leczą się w domu, lecz nie potrzebują bezpośredniego wsparcia lekarza w czasie rzeczywistym lub mieszkają w dużej odległości od infrastruktury zapewniającej odpowiednio szybkie łącze internetowe [5]. Urządzenia monitorujące stan zdrowia takich pacjentów mogą korzystać z wolniejszych łączy telekomunikacyjnych do przesyłania danych na temat zmian kluczowych parametrów klinicznych. To wystarcza do prowadzenia bieżącej kontroli stanu klinicznego pacjenta oraz umożliwia odpowiednio wczesne reagowanie w przypadku wystąpienia nieprawidłowości. Poniżej przedstawiono przykłady zastosowania systemów asynchronicznych do monitorowania pacjentów pediatrycznych oraz doniesienia z różnych krajów, w których zaprojektowano i wdrożono systemy asynchroniczne do monitorowania pacjentów dorosłych.

## PACJENCI PEDIATRYCZNI

Edefonti i wsp. w badaniu retrospektywnym ocenili efekty teledializy prowadzonej u czterech nastoletnich pacjentów korzystających z cyklerów PD Night (Fresenius), w których zamiast kart pamięci zastosowano modem [10]. Urządzenie przesyłało parametry prowadzonej terapii do komputera w ośrodku dializ. Przedstawione rozwiązanie okazało się przydatne w wykrywaniu i rozwiązywaniu zarówno klinicznych, jak i technicznych problemów automatycznej dializy otrzewnowej (ADO). W porównaniu ze stosowaniem kart pamięci zaobserwowano trzy zalety teledializy: 1) łatwiejsze wykrywanie pacjentów nieprzestrzegających zaleceń terapeutycznych, 2) sprawne usuwanie przyczyn alarmów, 3) szybsze reagowanie w przypadkach wymagających zmiany terapii.

Skuteczne wdrożenie zdalnego monitorowania dwójki młodocianych pacjentów dializowanych otrzewnowo opisali Ghio i wsp. [11]. W skład systemu wchodził modem przesyłający podstawowe parametry codziennych zabiegów pobierane z cyklera oraz sieciowa kamera wideo, która umożliwiała dodatkowo zdalną ocenę stanu klinicznego pacjenta w czasie rzeczywistym. Wykazano, że monitorowanie poprawiło adherencję terapeutyczną i jakość życia obu nastoletnich pacjentów.

Również dwa przypadki zdalnego nadzoru pacjentów pediatrycznych przedstawili Chand i Bednarz [12]. Tym razem nie korzystano z wideokonferencji, jednak sama możliwość codziennej weryfikacji parametrów dializy i bieżącego reagowania na objawy przewodnienia przyczyniła się do normalizacji ciśnienia tętniczego i istotnej poprawy czynności serca, co pozwoliło na przeszczepienie nerki u obu pacjentów.

## JAPONIA

Nakamoto i wsp. rozwijają systemy telemedyczne w dializoterapii otrzewnowej od 1999 roku [13–16]. Pierwsza wersja systemu została przygotowana w celu monitorowania 90-letniej pacjentki, która korzystała z japońskiego cyklera PD mini (JMS) posiadającego możliwość przesyłania parametrów przydatnych w ocenie klinicznej, między innymi tętna, ciśnienia krwi, objętości ultrafiltracji i masy ciała [13]. Zaprojektowany system umożliwił ponadto prowadzenie wideokonferencji za pomocą urządzenia przesyłającego dane zwykłym kablem telefonicznym bez konieczności posiadania łącza internetowego. Jednorazowy

koszt zakupienia sprzętu był bardzo wysoki (30 000 dolarów amerykańskich), natomiast same opłaty dzienne za połączenia i przesyłanie danych były już na akceptowalnym poziomie (10 centów).

W celu obniżenia kosztów, zmniejszenia wymiarów stosowanego sprzętu oraz objęcia zdalnym monitoringiem liczniejszych w Japonii pacjentów wymagających ciągłej ambulatoryjnej dializy otrzewnowej (CADO) opracowano drugą wersję systemu telemedycznego [14]. Tym razem wykorzystano specjalną aplikację do zbierania danych klinicznych, która została zainstalowana na telefonach komórkowych 46 pacjentów. Informacje przez nich wpisywane były przesyłane na serwer sieciowy. W przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości następowało automatyczne wysyłanie stosownego powiadomienia do lekarza prowadzącego. W tym wydaniu miesięczny koszt systemu telemedycznego nie przekraczał 3 dolarów amerykańskich.

Trzecia wersja systemu umożliwiała automatyczny transfer danych na telefon komórkowy z aparatu do mierzenia ciśnienia tętniczego, co eliminowało konieczność ręcznego wpisywania danych [15]. W czwartej wersji zamiast telefonów komórkowych zastosowano małe komputery zbierające dane z podłączonych urządzeń peryferyjnych (glukometr, waga, krokometr) [16].

Celem japońskich badaczy było stworzenie wygodnego, poręcznego i zaawansowanego technologicznie systemu zbierania parametrów klinicznych, który pozwoliłby ocenić współpracę pacjentów w procesie terapeutycznym. Nieco inne podejście mieli lekarze z Indii, których celem było stworzenie systemu telemedycznego ułatwiającego wczesną diagnozę i leczenie najczęstszych powikłań infekcyjnych dializy otrzewnowej.

## INDIE

Karopadi i wsp. opisali wyniki wdrożonego na przestrzeni kilku lat systemu zdalnego monitorowania pacjentów dializowanych otrzewnowo w Indiach [17]. Hinduscy badacze zauważyli, że dobry program dializy otrzewnowej w dużej mierze zależy od odpowiedniej organizacji nadzoru pacjentów zapewniającej szybkie reagowanie na potencjalne powikłania. Dlatego zaprojektowano i wdrożono program, w którym do kluczowych elementów należą okresowe domowe wizyty koordynatorek klinicznych. W czasie takich wizyt zbierane są zgodnie z ustalonym protokołem wszystkie

▶▶Zalety teledializy:  
1) łatwiejsze wykrywanie pacjentów nieprzestrzegających zaleceń terapeutycznych,  
2) sprawne usuwanie przyczyn alarmów,  
3) szybsze reagowanie w przypadkach wymagających zmiany terapii◀◀



▶▶ Same technologiczne rozwiązania nie wystarczają do wdrożenia sprawnego systemu zdalnego monitorowania pacjentów. Niezwykle istotne jest zaangażowanie zespołu profesjonalistów, który jest odpowiedzialny za prowadzenie regularnych wizyt domowych i szkolenie pacjentów oraz szybko i skutecznie reaguje na sytuacje wymagające interwencji◀◀

informacje niezbędne do odpowiedniej oceny stanu klinicznego pacjenta. Jeszcze w domu pacjenta odchylenia wymagające oceny lekarskiej oraz aktualne wyniki badań laboratoryjnych przesyłane są za pomocą wiadomości SMS do nefrologa, który odpowiada w ciągu kilkunastu minut, zalecając odpowiednie postępowanie w danym przypadku. Koordynatorki udzielają również porad na temat żywienia i rehabilitacji. W okresie rozpoczynania dializoterapii otrzewnowej pacjenci i ich opiekunowie są instruowani, jak wykorzystać własne telefony komórkowe lub aparaty cyfrowe do wykonania odpowiedniej jakości zdjęć miejsca ujęcia cewnika oraz worków z drenowanym płynem, tak aby na ich podstawie można było przeprowadzić wiarygodną ocenę kliniczną. Pacjenci dowiadują się również, jak te zdjęcia wgrać na komputer i za pomocą specjalnie przygotowanego portalu internetowego przesłać wraz z dodatkowymi parametrami klinicznymi do bazy danych na serwerze. W portalu można także przeglądać wyniki badań i zalecenia lekarskie oraz planować kolejne wizyty domowe koordynatorek klinicznych.

Po wdrożeniu opisanego wyżej systemu hinduscy badacze porównali grupę 115 pacjentów mieszkających na wsi z grupą 131 pacjentów z terenów miejskich [18]. Obserwacja objęła łącznie okres 4296 pacjentomiesięcy (2008 w grupie wiejskiej i 2288 w grupie miejskiej). Okazało się, że przeżywalność pacjentów z terenów wiejskich była istotnie dłuższa w porównaniu z pacjentami z miast. Natomiast grupy nie różniły się, jeśli chodzi o czas przeżycia metody, liczbę zapaleń otrzewnej i liczbę infekcji miejsca ujęcia. W odrębnym badaniu wykazano, że obie grupy nie różniły się również pod względem jakości życia oraz występowania depresji [17]. Wyniki te nie zgadzają się z doniesieniami wskazującymi na gorszą jakość opieki i mniejszą przeżywalność pacjentów dializowanych otrzewnowo mieszkających w znacznym oddaleniu od ośrodków dializ [19]. Według zespołu Nayaka na brak różnic między obiema grupami istotny wpływ ma skuteczny system nadzoru z kluczowym znaczeniem zdalnego monitorowania. Lepsza przeżywalność pacjentów z terenów wiejskich została wytłumaczona ich zdrowszym trybem życia. Zespół hinduskich badaczy zaznaczył ponadto, że same technologiczne rozwiązania nie wystarczają do wdrożenia sprawnego systemu zdalnego monitorowania pacjentów. Niezwykle istotne jest zaangażowanie odpowiednio wytrenowanego, koordynowanego i zmotywo-

wanego zespołu profesjonalistów, który jest odpowiedzialny za prowadzenie regularnych wizyt domowych i szkolenie pacjentów oraz szybko i skutecznie reaguje na sytuacje wymagające interwencji.

## STANY ZJEDNOCZONE

Harrington i wsp. przeprowadzili trwające 8 miesięcy pilotażowe badanie obserwacyjne, w którym 5 pacjentów dializowanych otrzewnowo otrzymało technologiczną asystę w postaci aplikacji działającej na tablecie [20]. Była to ulepszona wersja omówionego wyżej oprogramowania opracowanego przez zespół hinduski. Aplikacja wskazywała krok po kroku zasady prawidłowego przeprowadzenia wymiany płynu dializacyjnego, pilnując jednocześnie przestrzegania zaleconej terapii. Pacjent raz dziennie zapisywał w programie podstawowe parametry, takie jak tętno, ciśnienie tętnicze krwi, temperatura i masa ciała, a po każdej wymianie podawał stężenie płynu, objętość podaną i zdrenowaną. Ponadto mógł przeglądać zapisane w programie informacje na temat przepisanego schematu dializy, stosowanych leków i wyników ostatnich badań laboratoryjnych. Możliwe było również wykorzystanie kamery tabletu do zarejestrowania zdjęć i filmów obrazujących na przykład stan miejsca ujęcia cewnika lub obrzęki. Obrazy te były następnie również przesyłane na serwer. Aplikacja automatycznie synchronizowała dane z bezpiecznym serwerem, na którym mogli logować się użytkownicy kliniczni. Lekarze i pielęgniarki mieli dostęp do informacji zbieranych na serwerze z możliwością modyfikacji zaleconego przepisu dializy i stosowanych leków w razie potrzeby. W przypadku gdy któryś z wpisywanych przez pacjenta parametrów przekraczał zdefiniowane wartości, zespół kliniczny był automatycznie powiadamiany drogą mailową.

Na koniec badania oceniono stopień wykorzystania aplikacji przez pacjentów. Odsetek kompletnych danych wynosił od 51% do 92%, przy czym stwierdzono, że główną przyczyną braków były problemy z łącznością. W czasie obserwacji nie wystąpiły żadne działania niepożądane ani powikłania związane z dializą otrzewnową. Z powodu małej liczby pacjentów uczestniczących w badaniu nie można było określić wpływu testowanej platformy telemedycznej na częstość hospitalizacji lub infekcji. Pacjenci docenili możliwość lepszego nadzoru nad terapią i zgodnie twierdzili, że taki rodzaj asysty zwiększył ich poczucie bezpieczeństwa.

▶▶ Pacjenci docenili możliwość lepszego nadzoru nad terapią i zgodnie twierdzili, że taki rodzaj asysty zwiększył ich poczucie bezpieczeństwa◀◀

W ocenie pacjentów aplikacja na tabletach była intuicyjna, wygodna i łatwa w użyciu.

## WIELKA BRYTANIA

Podobne badanie pilotażowe, lecz na większej grupie pacjentów ( $n = 22$ ) przeprowadzili Dey i wsp. [21]. Każdy pacjent otrzymał tablet ze specjalnie przygotowaną aplikacją oraz wagę i aparat do mierzenia ciśnienia tętniczego przesyłające wyniki pomiarów na tablet poprzez bezprzewodowe łącze Bluetooth. Pacjenci zostali poproszeni o regularne wypełnianie elektronicznych kwestionariuszy, za pomocą których zbierano podstawowe dane kliniczne i kluczowe parametry dializy oraz informacje na temat występowania objawów chorobowych, stosowanej diety i przyjmowanych leków. Dodatkowo w aplikacji dostępna była baza wiedzy na temat dializy otrzewnowej oraz porady dietetyczne. Zespół prowadzący pacjenta automatycznie otrzymywał alerty w przypadku wykrycia nieprawidłowości. W prawie połowie takich przypadków (47%) konieczna była interwencja. Oceniono, że w ten sposób udało się uniknąć 36 przyjęć do szpitala, lecz nie obliczono związanych z tym oszczędności. Pacjenci byli zadowoleni z testowanego systemu i 59% chciało nadal z niego korzystać po zakończeniu obserwacji.

## GRECJA

W 2006 roku Szkoła Medycyny Uniwersytetu Demokryta w Tracji oraz dwie greckie firmy technologiczne utworzyły konsorcjum PERKA, które otrzymało fundusze na napisanie uniwersalnego oprogramowania telemedycznego do monitorowania dializoterapii otrzewnowej [22]. Otwarty interfejs programu miał umożliwiać współpracę z urządzeniami różnych dostawców. Przygotowano system zbierający parametry dializy otrzewnowej z założenia współpracujący z różnymi cyklerami. Ponadto na serwerze gromadzone były dane biometryczne mierzone z wykorzystaniem różnych urządzeń peryferyjnych (m.in. tętno, ciśnienie tętnicze krwi, masa i temperatura ciała, stężenie glukozy) oraz informacje tekstowe, nagrania głosowe i dane z kwestionariuszy wypełnianych przez pacjenta. Wszystkie dane były zbierane z wykorzystaniem urządzeń PDA (*personal digital assistant*), a następnie przekazywane na serwer sieciowy.

Niestety, ten ciekawy projekt nie wyszedł poza fazę testów. Wydaje się, że takie przedsięwzięcie wkrótce może być dużo łatwiejsze do realizacji. Smartfony będące następcami urzą-

dzeń PDA mają znacznie większe możliwości bezprzewodowej komunikacji i przetwarzania danych. Poza tym już niedługo upowszechni się tak zwany internet rzeczy (*internet of things*), w którym każde urządzenie będzie wysyłało dane do internetowej chmury, co sprawi, że zbieranie parametrów klinicznych z urządzeń peryferyjnych będzie znacznie ułatwione.

## POLSKA

W literaturze fachowej brakuje doniesień na temat polskich systemów telemedycznych stosowanych w dializoterapii. Pewnym źródłem informacji jest analiza polskiego rynku usług telemedycznych przedstawiona w raporcie Krajowej Izby Gospodarczej, w której wymieniono spółki utworzone w ramach inkubatora innowacyjnych technologii dla e-medycyny KIGMED [23]. Wśród opisanych spółek znajduje się firma Nefrologin, która dostarcza system AquaBalance do ambulatoryjnego monitorowania stanu nawodnienia pacjentów dializowanych. Aby zrealizować cele tego przedsięwzięcia przygotowano aplikację na smartfony, tablety i komputery stacjonarne. Za jej pomocą pacjent dializowany otrzewnowo może codziennie raportować rodzaj i objętość zużytych płynów do dializy, a także sygnalizować nieprawidłowy wygląd płynu. Aplikacja automatycznie oblicza ultrafiltrację oraz pobiera dane na temat aktualnej masy ciała i ciśnienia tętniczego krwi z bezprzewodowo połączonej wagi i aparatu do mierzenia ciśnienia krwi. W 2015 roku ogłoszono rozpoczęcie projektu leczniczo-badawczego wykorzystującego ten system. Wyniki badania na razie nie zostały opublikowane.

W 2017 roku wprowadzono w Polsce pierwsze komercyjne rozwiązanie telemedyczne dla pacjentów dializowanych otrzewnowo. Jest to program Sharesource współpracujący z cyklerem Homechoice Claria firmy Baxter. Dane dotyczące przebiegu dializy oraz wpisywane przez pacjenta parametry dotyczące wartości masy ciała i ciśnienia tętniczego są przesyłane z wykorzystaniem modemu podłączonego do cyklera na serwer z oprogramowaniem Sharesource. Dane pacjentów dializowanych wyświetlane są na panelu terapii udostępnianym użytkownikom klinicznym po zalogowaniu się do portalu. W przypadku przekroczenia zdefiniowanych wartości krytycznych w panelu terapii pojawiają się flagi alarmowe zwracające uwagę na sytuacje wymagające interwencji. Komunikacja z cyklerem jest dwustronna — możliwe jest zatem zdalne modyfikowanie

▶▶Niedługo upowszechni się tak zwany internet rzeczy (*internet of things*), w którym każde urządzenie będzie wysyłało dane do internetowej chmury, co sprawi, że zbieranie parametrów klinicznych z urządzeń peryferyjnych będzie znacznie ułatwione◀◀

▶▶W 2017 roku wprowadzono w Polsce pierwsze komercyjne rozwiązanie telemedyczne dla pacjentów dializowanych otrzewnowo. Jest to program Sharesource współpracujący z cyklerem Homechoice Claria firmy Baxter◀◀

▶▶ Po wprowadzeniu zdalnego monitorowania z wykorzystaniem programu Sharesource proaktywne zaangażowanie pielęgniarek w opiekę nad pacjentami dializowanymi otrzewnowo wzrosło ◀◀

▶▶ Dwustronna komunikacja z pacjentem pozostającym w domu zwiększa jego satysfakcję z leczenia i poprawia jakość życia oraz korzystnie wpływa na współpracę w procesie terapeutycznym, co potencjalnie przekłada się na lepsze wyniki kliniczne ◀◀

▶▶ Kwestią czasu pozostaje integracja w jednym systemie telemedycznym różnego typu urządzeń monitorujących stan zdrowia pacjenta dializowanego otrzewnowo ◀◀

terapii i przekazywanie nowych zaleceń dotyczących dializy. Program umożliwia również przeglądanie archiwalnych zabiegów oraz drukowanie różnych raportów.

Sharesource nie jest uniwersalnym oprogramowaniem zbierającym i analizującym dane wszystkich pacjentów dializowanych otrzewnowo, gdyż umożliwia zdalne monitorowanie wyłącznie pacjentów ADO korzystających z cyklera Homechoice Claria. Z monitorowania wykluczeni są pacjenci CADO oraz korzystający z urządzeń innych dostawców. W oprogramowaniu Sharesource nie ma możliwości synchronizowania wyników badań laboratoryjnych gromadzonych w szpitalnych systemach komputerowych lub wpisywania dodatkowych parametrów klinicznych istotnych w opiece nad pacjentem ze schyłkową niewydolnością nerek, ale nie związanych bezpośrednio z dializoterapią otrzewnową.

Doniesienie z Wielkiej Brytanii wskazuje, że po wprowadzeniu zdalnego monitorowania z wykorzystaniem programu Sharesource proaktywne zaangażowanie pielęgniarek w opiekę nad pacjentami dializowanymi otrzewnowo wzrosło z 2% do 37%, potencjalnie przyczyniając się do lepszego zarządzania czasem i bardziej efektywnego rozpoznania pacjentów, którzy wymagają interwencji pielęgniarki [24].

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone do tej pory badania dotyczące zastosowania telemedycyny w opiece nad chorymi dializowanymi otrzewnowo wskazują na techniczne możliwości wprowadzenia takich rozwiązań oraz liczne potencjalne korzyści zdalnego monitorowania pacjentów. Dwustronna komunikacja z pacjentem pozostającym w domu zwiększa jego satysfakcję z leczenia i poprawia jakość życia oraz korzystnie wpływa na współpracę w procesie terapeutycznym, co potencjalnie przekłada

się na lepsze wyniki kliniczne. Jest to również rozwiązanie efektywne kosztowo, gdyż pozwala zaoszczędzić zarówno czas pacjenta, jak i fachowych pracowników ochrony zdrowia oraz może zmniejszyć koszty związane między innymi z przejazdami do ośrodka, bezpośrednimi wizytami lekarskimi i hospitalizacją pacjentów. Przesyłanie, zapisywanie i automatyczna analiza parametrów klinicznych zbieranych w przypadku rozwiązań asynchronicznych typu „przechowaj i przekaz” ogranicza konieczność ręcznego wpisywania danych i związanego z tym ryzyka pomyłek, co wpływa na zwiększenie dokładności danych. Takie rozwiązanie pozwala również na automatyczną analizę danych z wyróżnieniem wartości nieprawidłowych, co ułatwia interpretację i przyspiesza proces decyzyjny w przypadkach wymagających interwencji.

Wobec dynamicznego wzrostu zastosowań technologii mobilnych kwestią czasu pozostaje integracja w jednym systemie telemedycznym różnego typu urządzeń monitorujących stan zdrowia pacjenta dializowanego otrzewnowo. Już w tej chwili dostępne są na rynku urządzenia pozwalające mierzyć parametry, takie jak tętno, ciśnienie tętnicze krwi, aktywność elektryczna serca (EKG), masa ciała, bioimpedancja czy stężenie glukozy, które są następnie bezprzewodowo przesyłane do smartfona, tabletu lub bezpośrednio do internetowej chmury. Te dane, w połączeniu z parametrami terapii przesyłanymi przez cykler, będą dla lekarza wiarygodnym źródłem informacji na temat stanu klinicznego pacjenta i jego stosowania się do zaleceń lekarskich. Kolejnym krokiem będzie automatyczne przetwarzanie dużej ilości gromadzonych danych klinicznych (*big data analytics*) oraz korzystanie z inteligentnych systemów wspomagania decyzji klinicznej, które pomogą ograniczyć liczbę ludzkich błędów i przyczynią się do jeszcze szybszej oraz bardziej trafnej diagnostyki i terapii.

## STRESZCZENIE

Wśród kluczowych innowacji we współczesnej medycynie można wymienić telezdrowie. Jednym z jego obszarów jest telemedycyna, która umożliwia diagnozowanie i leczenie pacjentów na odległość z wykorzystaniem technologii informacyjnej. Wśród różnych rodzajów działalności telemedycznej wyróżnia się telemonitoring, nazywany również

zdalnym monitorowaniem pacjenta. W niniejszym artykule przedstawiono przegląd piśmiennictwa prezentującego zastosowania synchronicznych i asynchronicznych systemów zdalnego monitorowania do opieki nad pacjentami dializowanymi otrzewnowo.

Forum Nefrol 2017, tom 10, nr 4, 250–257

**Słowa kluczowe:** telemedycyna, zdalne monitorowanie pacjenta, dializa otrzewnowa

1. Copeland B., Raynor M., Shah S. Top 10 health care innovations: Achieving more for less. Deloitte 2016. [www.deloitte.com](http://www.deloitte.com).
2. Greenspun H., Korba C., Bandyopadhyay S. Accelerating the adoption of connected health. Deloitte 2015. [www.deloitte.com](http://www.deloitte.com).
3. Ryu S. Telemedicine. Opportunities and Developments in Member States: Report on the Second Global Survey on eHealth 2009. Global Observatory for eHealth Series. Healthcare Informatics Research 2012; 18: 153–155.
4. Jankowski M., Klimczak-Wieczorek A., Kloc M. i wsp. Telemedycyna w Polsce — możliwości i szanse rozwoju. Liderzy Ochrony Zdrowia. Fundacja im. Lestawa A. Pagi. Warszawa 2016. [www.paga.org.pl](http://www.paga.org.pl).
5. Osman M.A., Okel J., Okpechi I.G. i wsp. Potential applications of telenephrology to enhance global kidney care. *BMJ Glob Health* 2017; 2: e000292.
6. Stroetmann K.A., Gruetzmacher P., Stroetmann V.N. Improving quality of life for dialysis patients through telecare. *J. Telemed. Telecare* 2000; 6 (supl. 1): S80–S83.
7. Gallar P., Vigil A., Rodriguez I. i wsp. Two-year experience with telemedicine in the follow-up of patients in home peritoneal dialysis. *J. Telemed. Telecare* 2007; 13: 288–292.
8. Viglino G., Neri L., Brambilla M. i wsp. Videodialysis: a telematic partner in automated peritoneal dialysis. *Perit. Dial. Int.* 2002; 22: S138.
9. <https://youtu.be/AKeKUrMsPFc>.
10. Edefonti A., Boccia S., Picca M. i wsp. Treatment data during pediatric home peritoneal teledialysis. *Pediatr. Nephrol.* 2003; 18: 560–564.
11. Ghio L., Boccia S., Andronio L. i wsp. A case study: telemedicine technology and peritoneal dialysis in children. *Telemed. J. E. Health* 2002; 8: 355–359.
12. Chand D.H., Bednarz D. Daily remote peritoneal dialysis monitoring: an adjunct to enhance patient care. *Perit. Dial. Int.* 2008; 28: 533–537.
13. Nakamoto H., Hatta M., Tanaka A. i wsp. Telemedicine system for home automated peritoneal dialysis. *Adv. Perit. Dial.* 2000; 16: 191–194.
14. Nakamoto H., Kawamoto A., Tanabe Y. i wsp. Telemedicine system using a cellular telephone for continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. *Adv. Perit. Dial.* 2003; 19: 124–129.
15. Nakamoto H., Nishida E., Ryuzaki M. i wsp. Blood pressure monitoring by cellular telephone in patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Adv. Perit. Dial.* 2004; 20: 105–110.
16. Nakamoto H. Telemedicine system for patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Perit. Dial. Int.* 2007; 27 (supl. 2): S21–S26.
17. Karopadi A.N., Antony S., Subhramanyam S.V. i wsp. Remote monitoring of peritoneal dialysis: Why? Where? How? *Hong Kong J. Nephrol.* 2013; 15: 6–13.
18. Nayak A., Karopadi A., Antony S. i wsp. Use of a peritoneal dialysis remote monitoring system in India. *Perit. Dial. Int.* 2012; 32: 200–204.
19. Rucker D., Hemmelgarn B.R., Lin M. i wsp. Quality of care and mortality are worse in chronic kidney disease patients living in remote areas. *Kidney Int.* 2011; 79: 210–217.
20. Harrington D.M., Myers L., Eisenman K. i wsp. The use of a tablet computer platform to optimize the care of patients receiving peritoneal dialysis: a pilot study. *Blood Purif.* 2014; 37: 311–315.
21. Dey V., Jones A., Spalding E.M. Telehealth: Acceptability, clinical interventions and quality of life in peritoneal dialysis. *SAGE Open Med.* 2016; 4: 2050312116670188.
22. Kaldoudi E., Passadakis P., Panagoutsos S. i wsp. Home-care telematics for peritoneal dialysis. *Journal on Information Technology in Healthcare* 2007; 5: 372–378.
23. Bujok J., Gierek R., Olszanowski R. i wsp. Uwarunkowania rozwoju telemedycyny w Polsce. Krajowa Izba Gospodarcza. [www.kigmed.eu](http://www.kigmed.eu).
24. Firanek C., Knowles M., Sloan J. SP508 Impact of remote patient management in hospitals conducting APD: Shifting the nursing care paradigm. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2017; 32 (supl. 3): iii300.