

MATERIAŁY • URZĄDZENIA • TECHNOLOGIE • INNOWACJE

kwartalnik  
techniczno-  
informacyjny

ISSN 2543-8069

cena 25,00 zł

3/2024 (30)

# WYROBY *medyczne*

REKLAMA

## SKLEP MEDYCZNY



KREDOS  
SKLEP MEDYCZNY



PONAD  
**5000**  
PRODUKTÓW

[www.kredos.pl](http://www.kredos.pl)



**Aresto**  
Medical Equipment  
**Med**

# SPRZĘT I WYPOSAŻENIE MEDYCZNE



Nowy i rekondycjonowany sprzęt medyczny



Niezwykłe szeroki asortyment



Autoryzowany serwis sprzętu medycznego



Kompleksowa pomoc w wyborze sprzętu

**Kontakt:**



512 917 669

530 449 770



info@arestomed.pl

paulina@arestomed.pl

# SPIS TREŚCI

## REHABILITACJA I FIZJOTERAPIA

- N** Zalecane formy fizjoterapii w urazach stawów 4
- F** Wirtualna rzeczywistość w rehabilitacji – rewolucja dzięki immersyjności 12
- Przewodnik po rehabilitacji ortopedycznej 14

## KARDIOLOGIA I REHABILITACJA KARDIOLOGICZNA

- F** Testy wysiłkowe i ich rodzaje 18
- F** Ergospirometria w rehabilitacji kardiologicznej 19
- N** Rola aktywności fizycznej w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca 20
- Polska odstaje od Europy w kwestii przeżywalności po wyleczonym zawale – brakuje dostępu do rehabilitacji kardiologicznej 26
- N** Regeneracja serca w ujęciu molekularnym nadzieją na terapie przyszłości 29
- N** Wyznaczanie czasu propagacji fali tętna w oparciu o sygnały EKG i PPG 33
- N** Wiek a skuteczność pozawałowej rehabilitacji kardiologicznej u pacjentów z obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory 39
- Monitorowany trening w chorobach układów krążenia i oddechowego. Dlaczego jest tak ważny? 46

## WYROBY MEDYCZNE

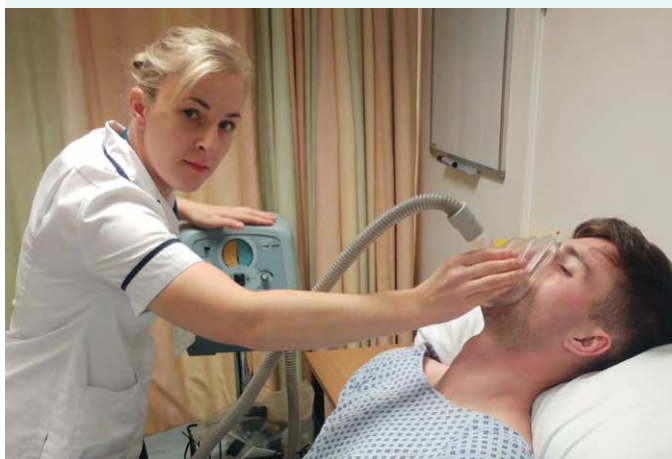
- F** Każdy decybel ma znaczenie. Badaj słuch w kabinie ciszy 48

## INTENSYWNA OPIEKA MEDYCZNA

- N** Wskazania, przeciwwskazania oraz aspekty praktyczne wczesnej fizjoterapii w oddziale intensywnej terapii 50
- N** Rola anestezjologii i intensywnej terapii w zapewnieniu bezpieczeństwa pacjenta w okresie okołoperacyjnym: przeszłość, terażniejszość i przyszłość 55
- Zarządzanie respiratorem: wentylacja pacjenta 59



## 12 Wirtualna rzeczywistość w rehabilitacji – rewolucja dzięki immersyjności



## 66 Fizjoterapia oddechowa – urządzenia wykorzystywane w badaniu i terapii pacjentów

- F** Nowoczesne rozwiązania dla Oddziałów Intensywnej Terapii 64
- F** Cyfrowa platforma EKIT 64
- F** Sprzęt i wyposażenie medyczne 65
- N** Fizjoterapia oddechowa – urządzenia wykorzystywane w badaniu i terapii pacjentów 66

**N** – artykuł naukowy    **F** – artykuł firmowy

## WYROBY medyczne

**Wydawca:** Media Tech s.c.

**Dział prenumeraty:** prenumerata@e-wyrobymedyczne.pl

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń oraz artykułów sponsorowanych. Zastrzegamy sobie prawo skracania i adiacji tekstów. Przedruk i rozpowszechnianie artykułów i reklam opracowanych przez redakcję jest zabronione bez zgody wydawcy.

**Adres redakcji:** 47-400 Racibórz, ul. Żorska 1/45  
e-mail: redakcja@e-wyrobymedyczne.pl  
tel./fax 32 733 18 01

**Redaktor naczelna:** Ewa Majewska  
tel. kom. 797 125 418  
e-mail: ewa.majewska@e-wyrobymedyczne.pl

**Dyrektor marketingu:** Katarzyna Mazur  
tel. kom. 797 125 417  
e-mail: katarzyna.mazur@e-wyrobymedyczne.pl

# Zalecane formy fizjoterapii w urazach stawów

Tadeusz Kasperczyk, Andrzej Markowski

Urazy narządu ruchu to ważny problem zarówno ze społecznego punktu widzenia (epidemiologia), jak i terapeutycznego. Problem ten jest szczególnie istotny w sporcie wyczynowym. Współczesny sport wyczynowy cechuje się bardzo dużymi obciążeniami treningowymi oraz pogonią za rekordami, co często skutkuje różnego rodzaju urazami struktur narządu ruchu, tj.: kości, mięśni i ścięgien, więzadeł i stawów.

Z tych przesłanek wynika cel artykułu, a jest nim przedstawienie walorów leczniczych wybranych – często niedocenianych w praktyce form fizjoterapii. Do tych zabiegów zaliczono; masaż stawowy (centryfugalny), akupresurę stawową i mobilizacje stawowe. Omówiono także wybrane czynniki (środki), których wykorzystanie w procesie rehabilitacji znacząco wpływa na tempo leczenia urazu, są to: wibroterapia, terapia vacuum (banki medyczne), magneto-terapia i kinesiotaping.

Praca ma charakter poglądowy, została wykonana metodą przeglądu narracyjnego z wykorzystaniem polskiej i zagranicznej literatury.

## Masaż centryfugalny

Masaż centryfugalny należy do obszaru masażu sportowego [22, 25] ale jest też zalecany w procesie rehabilitacji w dysfunkcjach narządu ruchu w ogóle [18]. Wskazany jest w urazach stawowych typu zamkniętego, tj. stłuczeniu (contusio), naciągnięciu mięśni i więzadeł, skręceniu (distorsio), zwichnięciu (luxatio) i podwichnięciu (subluxatio).

## Urazy stawowe

### Stłuczenie

Najczęściej przyczyną stłuczenia jest upadek na twarde podłoże, uderzenie, kopnięcie itp. Dotyczy ono skóry, mięśni, okostnej, naczyń i nerwów. Objawy: otarcie naskórka, obrzęk, ból, zasinienie (skutek wylewu krwi).

### Skręcenie

Skręceniem nazywamy uraz, w którym miało miejsce przemieszczenie się powierzchni stawowych kości, ale

chwilowe, po czym powierzchnie stawowe znajdują się w położeniu prawidłowym. Uszkodzeniu ulegają; torebka stawowa, więzadła, przyczepy mięśni, a wewnątrz stawu powstaje krwiak. W zależności od wielkości przemieszczenia kości, co ma związek z siłami działającymi na staw, wyróżnia się 4 stopnie ciężkości skręcenia: • I stopień: naciągnięcie więzadeł, mięśni i torebki stawowej, • II stopień: rozdarcie torebki stawowej, • III stopień: rozdarcie torebki stawowej i aparatu więzadłowego, • IV stopień: oderwanie więzadeł z fragmentem kości [8].

### Zwichnięcie i podwichnięcie

Zwichnięciem nazywamy uszkodzenie stawu, w którym doszło do przestawienia kości tworzących staw w sposób trwały – bez ruchu powrotnego kości na swoje miejsce. Jeśli mamy do czynienia z ruchem powrotnym, ale nie w stu procentach – to mamy do czynienia z podwichnięciem (ryc. 1).

## Techniki i metodyka masażu centryfugalnego

Nazwa masażu – „centryfugalny” pochodzi od wyrazów; „centrum” (z łac. środek) i wyrazu „fugen” (z j. niem. łączyć, spajać). Masaż centryfugalny to forma masażu, gdzie podstawową zasadą jest wykonywanie poszczególnych technik w kierunku do centrum, jakim jest szpara stawowa [22].

Masaż ten wprowadzamy do programu rehabilitacji stawu w momencie, gdy nie narasta już obrzęk (w zależności od urazu będzie to druga, trzecia lub czwarta doba).

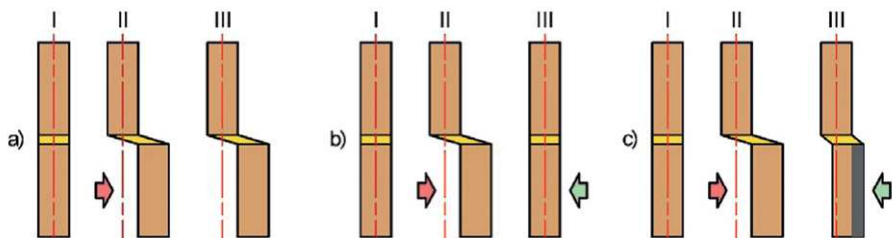
Ten rodzaj masażu wykonujemy zawsze „na mokro” i przebiega on w 2 etapach:

- etap pierwszy wykonujemy na środku ułatwiającym („U”) masaż,
- etap drugi na środku – wspomagającym („W”) masaż.

Przez środek ułatwiający rozumie się środek poślizgowy obojętny z punktu widzenia wpływu na tkanki, np. oliwka, krem, wazelina, woda z mydłem, itp. Środkami wspomagającymi są; żele i maści, które mają działanie lecznicze. Zastosowanie mają tu techniki masażu klasycznego:

- a) głaskanie,

ryc. 1. Powierzchnie stawowe przed urazem (I), w trakcie urazu (II), po urazie (III), dla: a) zwichnięcia, b) skręcenia, c) podwichnięcia [opracowanie własne]





ryc. 2. Schemat idealowy: masaż centryfugalny stawu kolanowego [opracowanie własne]

b) rozcieranie,  
c) ugniatanie [24].

O ile sytuacja na to pozwoli, to stosujemy wszystkie 3 techniki, ale niekiedy należy z pierwszych masażu wykluczyć ugniatanie. Ruchy rąk skierowane są do szczeliny (szpary) stawowej, a więc znad stawu w dół, a spod stawu w górę (ryc. 2). Zakłada się, że przy kościach długich (np. staw kolanowy) masażem obejmuje się 1/3 długości kości. Czas trwania etapu I na środku „U” to 3–5 minut, etapu II na środku „W” od 5–8 minut. Przechodząc do etapu drugiego, należy usunąć środek poślizgowy – „U”, zmyć i osuszyć okolicę stawu.

**Ordynacja** – zaleca się stosować masaż codziennie (a nawet 2 razy dziennie, o ile okoliczności na to pozwolą) lub co drugi dzień, ale raczej nie rzadziej. Seria to 10 masażu lub do czasu wyraźnej poprawy. W sytuacji gdy stosujemy już technikę ugniatania, po masażu centryfugalnym przechodzimy do masażu punktowego, akupresury stawowej, także z użyciem środka „W”.

**Przeciwwskazania** – takie same jak do masażu klasycznego [24].

### Akupresura stawowa

Akupresura to forma masażu punktowego, punkty pochodzą z obszaru Tradycyjnej Medycyny Chińskiej (TMC). W praktyce fizjoterapeuci wielokrotnie potwierdzają dużą efektywność tej formy terapii w rehabilitacji urazów stawowych, bądź to z wykorzystaniem akupresury bądź jej japońskiej odmiany – shiatsu. Aby zastosować tą formę masażu należy choć w ogólnym zarysie znać podstawy TMC, w tym pojęcie „recepty punktowej”. „Recepta punktowa” to zbiór punktów chińskich na określoną dysfunkcję lub chorobę [13]. Punkty pochodzą z różnych meridianów, niżej podano ich nazwy i skróty w konwencji polskiej [7] i angielskiej [10]:

- I. M. Płuc (P.), Lungs (LU),
- II. M. Jelita grubego (JG.), Large intestine (LI),
- III. M. Żołądka (Ż.), Stomach (S),
- IV. M. Śledziony-trzustki (ŚT.), Spleen (SP),
- V. M. Serca (S.), Heart (H),
- VI. M. Jelita cienkiego (JC.), Smok intestine (SI),
- VII. M. Pęcherza moczowego (PM.), Urinary bladder (UB),
- VIII. M. Nerki (N.), Kidney (K),
- IX. M. Osierdza (O.), Pericardium (P),
- X. M. Potrójnego ogrzewacza (PO.), Triple warmer (T),
- XI. M. Pęcherzyka żółciowego (PŻ.), Gall bladder (GB),

- XII. M. Wątroby (W.), Liver (LIV),
- XIII. M. Głównego regulatora tylnego (GRT.), Governing vessel (GV),
- XIV. M. Głównego regulatora przedniego (GRP.), Conception vessel (CV).

Lokalizację punktów ułatwi skorzystanie z atlasu punktów akupunktury, które są łatwo dostępne. Szczególnie polecam: Dyczek H., Grzonkowska M. „Podręcznik anatomicznej lokalizacji punktów akupunktury”. Szkoła Akupunktury Tradycyjnej, Bydgoszcz 2014.

### Przykłady akupresury stawowej

#### Łokieć tenisisty

1) JG.11 (Quchi); 2) JG.12 (Zhouliao); 3) P.5 (Chize); 4) JC.4 (Hand-Wangu); 5) PO. 5 (Waiguan); 6) JC.9 (Janzhen).

Położenie punktów:

**JG.11** (Quchi). Na zewnętrznym brzegu zgięcia łokcia, pośrodku między fałdem łokciowym, a zewnętrznym kłykiem (lokalizować przy zgiętym stawie łokciowym).

**JG.12** (Zhouliao). Na bocznej powierzchni ramienia, 1 cun na zewnątrz powyżej zgięcia łokcia, pośrodku między fałdem łokciowym, a zewnętrznym kłykiem (lokalizować: jak wyżej).

**P.5** (Chize). Po stronie kości promieniowej nieco poniżej zgięcia stawu łokciowego.

**JC.4** (Hand-Wangu). Na łokciowym brzegu dłoni, we wgłębieniu między podstawą kości śródreczą, a kością trójgraniastą.

**PO.5** (Waiguan). Na przedniej stronie przedramienia, 2 cuny powyżej zgięcia nadgarstka, między kością łokciową, a promieniową.

**JC.9** (Janzhen). W tył i w dół od stawu ramiennego, między kością ramienną, a łopatką, na tej samej linii pionowej co dół pachowy.

Komentarz: Ostatecznym potwierdzeniem prawidłowej lokalizacji PCH w akupresurze jest zjawisko – *de-qi*; jest to reakcja sensoryczna ustroju na bodziec (ucisk), może przybierać różne postacie, najistotniejszą jest odczuwalny (wzmoczony) ból w tym miejscu. Terapeutom bez doświadczenia w tym zakresie zaleca się użycie elektronicznego wykrywacza punktów, czyli – punktoskopu [13].

#### Bóle kolan (w następstwie przeciążenia)

1) Ż.36 (Zusanli); 2) PŻ.34 (Liang Qiu); 3) PM.40 (Weizhong); 4) Ż.34 (Liangqiu); 5) Ż.35 (Dubli).

Położenie punktów:

**Ż.36** (Zusanli). Punkt nazywany „Wielkim Lekarzem Nóg”. Na przedniej powierzchni podudzia, 3 cuny poniżej dolnego brzegu rzepki i 1,5 cuna w bok od grzebienia kości piszczelowej.

**PŻ.34** (Yanglingquan). 2 cuny poniżej dolnego brzegu rzepki, w zagłębieniu bezpośrednio poniżej i z przodu głowy kości strzałkowej.

**PM.40** (Weizhong). W środku dołu podkolanowego.

**Ż.34** (Liangqin). W zagłębieniu, 2 cuny powyżej górno-bocznej krawędzi rzepki.

**Ż.35** (Dubli). W zagłębieniu na zewnątrz więzadła rzepki na poziomie dolnego brzegu rzepki.

#### Bóle stawu skokowego

1) PŻ.39 (Xuanzhong); 2) PM.62 (Shenmai); 3) ŚT.6 (Sanyinjiao); 4) N.5 (Shuiquan); 5) Ż.35 (Dubli); 6) ŚT.10 (Xuehai)

Położenie punktów:

**PŻ.39** (Xuanzhong). 3 cuny nad kostką boczną, na przednim brzegu kości strzałkowej.

**PM.62** (Shenmai). 0,5 cuna poniżej dolnego brzegu kostki bocznej.

**ŚT.6** (Sanyinjiao). 3 cuny powyżej środka kostki przyśrodkowej, na krawędzi kości piszczelowej.

**N.5** (Shuiquan). 1 cun poniżej zagłębienia pomiędzy kostką przyśrodkową, a ścięgnem Achillesa.

**Ż.35** (Dubi). W zagłębieniu na zewnątrz więzadła rzepki na poziomie dolnego brzegu rzepki.

**ŚT.10** (Xuehai). Na wewnętrznej powierzchni uda, 2 cuny powyżej górnego brzegu rzepki i przyśrodkowego kłykcia kości udowej.

### Techniki i metodyka akupresury stawowej

W akupresurze, podobnie jak w shiatsu nie ma jednoznacznego określenia sposobu oddziaływania uciskiem na punkty. Najczęściej stosuje się ucisk punktowy palcami z siłą zależną od indywidualnej wrażliwości pacjenta na ból – najczęściej jest to siła submaksymalna, w czasie od 10–30 s., dla danej formy ucisku. Ucisk przybiera różne formy: punktowy, spiralny, ruchy posuwisto-zwrotne itp. Czas oddziaływania na dany punkt to ok. 2 min. W zależności od ilości punktów w recepcie punktowej zabieg trwa od kilku do kilkunastu minut [20].

Ordynacja i przeciwwskazania: podobnie jak w masażu stawowym.

### Terapia manualna

#### Dysfunkcje stawowe typu – zablokowanie

W ostatnich latach notujemy niebывały rozkwit medycyny manualnej, w której zazwyczaj wydziela się dwie składowe, tj. diagnostykę manualną i terapię manualną. Na pierwsze miejsce wśród koncepcji terapii manualnej wybija się – osteopatia, nieco mniejszym powodzeniem cieszy się – chiropraktyka. Odnotujmy także – kręgarstwo. To pionier terapii manualnej w Polsce – ksiądz Michał Pawłowski (1870–1936) po powrocie z Ameryki, gdzie ukończył Akademię Chiropraktyki (uzyskał tytuł D.C. – doktora chiropraktyki) na polski grunt przeniósł chiropraktykę pod nazwą – kręgarstwo [30].

Terapia manualna w wielu krajach na świecie ma rangę samodzielnego zawodu na podobieństwo do zawodu lekarza. W USA kształci się osteopatów (doktor osteopatii – D.O.) i chiropraktyków (D.C.). W Polsce nie występuje zawód terapeuty manualnego, zajmują się tym – fizjoterapeuci. Nasuwa się tu pytanie czy absolwenci kierunku fizjoterapii w polskich uczelniach są do tego zadania dobrze przygotowani? Nie miejsce tu jednak na poruszanie zagadnień procesu kształcenia na kierunku fizjoterapii. Celem niniejszego rozdziału jest przedstawienie tylko zadań i środków terapii manualnej.

Do zadań terapii manualnej należy usunięcie patologii jaka występuje na gruncie terapii manualnej, tej zorientowanej ortopedycznej, a jest nią – zablokowanie (lub dysfunkcja somatyczna jak określa to Hartman [9]).

Cechy zablokowania to:

1) ograniczenie ruchomości w stawie (przeważnie tylko w niektórych kierunkach),

2) ból w stawie typu „mechanicznego”,

3) upośledzenie „gry stawowej” (joint play),

4) zmieniony opór końcowy [14].

W katalogu dysfunkcji stawowych, w których występują te objawy kliniczne znajdują się:

- zespoły bólowe kręgosłupa, szerzej układu ruchu, bóle krzyża,
- zespoły McKenziego; a) zespół zaburzeń posturalnych; b) zespół zaburzeń dysfunkcyjnych; c) zespół zaburzeń strukturalnych z VII podzespołami,
- osteopatyczne uszkodzenie kręgosłupa,
- dyskopatia, rwa kulszowa,
- subluksacja, zespół subluksacyjny, syndrom subluksacyjny,
- wychylenie kręgow, zwich (termin niegdyś stosowany w kręgarstwie),
- zaburzenie symetrii obręczy biodrowej (miednicy).

Szczególą rolę wśród stawów obręczy biodrowej odgrywają stawy krzyżowo-biodrowe. W tym stawie nie występują wszystkie cechy zablokowania, bierze się to stąd, że staw ten nie posiada ruchów czynnych, a tylko ruchy bierne (nutacja i kontrnutacja), a typowe objawy zablokowania odnoszą się do stawów, w których występują ruchy czynne.

### Środki terapii manualnej

Do środków terapii manualnej należą mobilizacje i manipulacje. Środki te oparte są o mechanizm odruchowy (nie odczynowy).

**Mobilizacja** to termin, który odpowiada pojęciu – uruchomienie (przywrócenie funkcji). Mobilizacje dzielimy na czynne (są to automobilizacje) i bierne. Mobilizacja bierna to inaczej „gra stawowa” – są to ruchy bierne w stawie wykonywane w kierunkach parafizjologicznych, tj. przód – tył, góra – dół, na boki (w lewo, w prawo) i ruchy rotacyjne. Przy wykonywaniu mobilizacji biernych przestrzega się 3 zasad:

- pierwsza zasada odnosi się do tego, którą kością wykonujemy ruchy, a która pozostaje „ufiksowana”, po stronie proksymalnej kość jest nieruchoma, poruszamy kością dystalną,
- zasada druga: każdy ruch w kierunku parafizjologicznym poprzedzamy trakcją (w zależności od praktyki i doświadczenia terapeuty, można za każdym ruchem ponawiać trakcję,
- po trzeciej: przestrzegamy zasady „krótkiej dźwigni” w celu skrócenia ramienia siły, a tym samym zmniejszenia momentu siły.

Zasady te odnoszą się tylko do niektórych typów stawów – głównie tych utworzonych przez kości długie, m. in.; palce – ręk, stóp.

**Manipulację** definiuje się jako mobilizację bierną z pchnięciem końcowym (ten termin wychodzi z użycia) lub z impulsem. Manipulacji w stawie towarzyszy – „trzask” (click), jest to odgłos wywołany szybką zmianą ciśnienia w jamie stawowej (spowodowany owym impulsem). W istocie rzeczą manipulacją w odniesieniu do niektórych stawów to nic innego jak szybka trakcja. Mobilizacji biernej także może towarzyszyć „trzask” pomimo braku impulsu. Tłumaczy się to tym samym mechanizmem, czyli gwałtowną zmianą ciśnienia w jamie stawowej. W niektórych koncepcjach

acjach terapii manualnej zrezygnowano z manipulacji, tak jest w metodzie – Mulligana [31]. W naszej opinii nie należy rezygnować z manipulacji, opowiada się za nimi większość specjalistów terapii manualnej przykładowo: Lewit [23], Hartman [9], Arkuszewski [2], Banks i Hengeveld [3] i wielu innych.

### Algorytm postępowania fizjoterapeutycznego w zablokowaniu

**Algorytm** to schemat, tok kolejnych czynności (zadań) potrzebnych do realizacji programu. Podstawą algorytmu jest prakseologiczny model działania złożony z 5 ogniw, tj.: 1) diagnoza, 2) prognoza, 3) program (szerzej plan), 4) realizacja, 5) ewaluacja. Zablokowanie to jedyna patologia w obszarze terapii manualnej zorientowanej ortopedycznie [9].

**Diagnoza.** W celu wykrycia zablokowania mają zastosowanie wywiad oraz badanie przedmiotowe, polegające na wykorzystaniu licznych testów funkcjonalnych z zakresu medycyny manualnej. Opis testów znajdzie czytelnik w licznych publikacjach, m.in. Lewita [23], Hartmana [9], Wojtanowskiego [34], Kaltenborna [11], Buckupa [4] i wielu innych.

**Prognoza,** czyli rokowanie, zależy od wielu uwarunkowań. Przedstawiamy ją pacjentowi w bliższej i dalszej perspektywie. W przypadkach dotyczących wyłącznie zmian czynnościowych (a te cechują zablokowanie) – rokowanie jest zazwyczaj dobre.

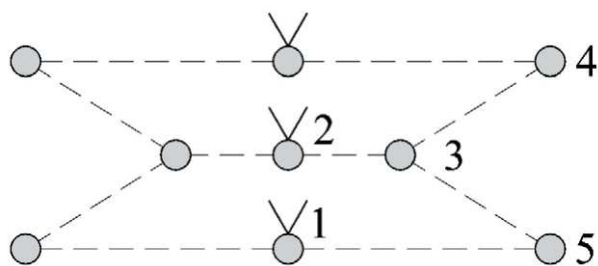
**Program** odnosimy z jednej strony do form stricte związanych z odblokowaniem stawu, czyli mobilizacji- manipulacji oraz w szerszym ujęciu do całokształtu postępowania fizjoterapeutycznego w tym przypadku.

**Realizacja.** Należy wykonać elementy przewidziane w programie zgodnie z algorytmem, tj. zabiegi przed wykonaniem mobilizacji (lub manipulacji) polegające na przygotowaniu tkanek miękkich okołostawowych do rękoczynu nastawczego, a następnie samej mobilizacji lub manipulacji oraz innych zabiegów fizjoterapeutycznych przewidzianych w programie.

**Ewaluacja.** Dokonujemy oceny uzyskanych efektów, oceniamy skuteczność wykonywanego zabiegu.

Przekładając ten model teoretyczny na praktyczne czynności otrzymujemy:

1. Czynności związane z diagnozą polegające na stwierdzeniu cech – objawów zablokowania,
2. Dokonujemy wyboru mobilizacji manipulacji spośród nam znanych technik,



ryc. 3. Schemat recepty – bóle kręgosłupa piersiowego:  
1 – GRT.10; 2- GRT.11; 3 - PM.15; 4 - PM.43; 5 - PM.45  
[opracowanie własne]

3. Przygotowujemy tkanki miękkie z wykorzystaniem różnych form masażu, najkorzystniej akupresury i shiatsu (poniżej podano przykład odnoszący się do dyskopatii w odcinku piersiowym na poziomie Th5).

Przykład akupresury: recepta – **bóle kręgosłupa piersiowego** (ryc. 3), GRT.10 (Lingtai), GRT.11 (Shendao), PM.15 (Xinshu), PM.43 (Gaohuang), PM.45 (Yixi).

Położenie punktów:

**GRT.10** (Lingtai). W linii pośrodkowej ciała między wyrostkami kolczystymi kręgów Th6 – Th7.

**GRT.11** (Shendao). Jak wyżej, między kręgami Th5 – Th6.

**PM.15** (Xinshu). 1,5 cuna od dolnego brzegu wyrostka kolczystego Th5.

**PM.43** (Gaohuang). 3 cuny od dolnego brzegu wyrostka kolczystego Th4.

**PM.45** (Yixi). Jak wyżej, poziom Th6 [16].

Wykonanie mobilizacji lub manipulacji, (podano 3 przykłady; według Ackermanna, Lewita i Saionji).

#### Przykład: I za Ackermannem [1]

Pacjent: leżenie przodem, ramiona wzdłuż tułowia. Terapeuta: układa ręce dłoniową stroną po obu stronach kręgu Th5.

Pacjent: wykonuje głęboki wdech i wydech.

Terapeuta: w fazie wydechu pacjenta wykonuje krótkie, szybkie pchnięcie prostopadle do płaszczyzny pleców.

#### Przykład: II za Lewitem [23]

Pacjent: siedzi twarzą do ściany opierając się o nią kolanami, ramiona skrzyżowane u góry, głowa oparta o ramiona, Terapeuta: stoi z tyłu za plecami pacjenta z dłonią zaciśniętą w pięść przyłożoną na poziomie wyrostka kolczystego kręgu leżącego poniżej zablokowanego segmentu.

Pacjent: wykonuje pogłębienie kifozy w tym odcinku przez co naciska na dłoń terapeuty, jednocześnie wykonuje wolny wdech, czynność tą należy powtórzyć 2-3 razy. Opisany przykład to jeden z wariantów mobilizacji tego segmentu kręgosłupa.

#### Przykład: III za Saionji [32]

Pacjent: siad na piętach, ramiona wzdłuż tułowia.

Terapeuta: w przysiadzie opiera kolana o plecy pacjenta (na wysokości przejścia kręgosłupa lędźwiowego w odcinek piersiowy), głowa oparta o potylicę pacjenta, ręce- chwyt pod pachami, w tej pozycji pociąga pacjenta na siebie, kilka razy (4-5) za każdym razem zmienia miejsce przyłożenia kolana w kierunku ku górze.

2. Działanie tuż po rękoczynie nastawczym (zalecany masaż bańką z użyciem środka „W”).

3. Działanie późne (odległe w czasie) z wykorzystaniem różnorodnych środków fizjoterapii (kinezyterapii, fizykoterapii, masażu, tapingu itp. Przykład rozwinięcia zagadnienia algorytmu ukierunkowanego na zablokowanie stawu barkowego przedstawia odrębna publikacja Kasperczyka i Muchy [17].

### Środki wspomagające terapię zasadniczą

Przez środek wspomagający rozumieć należy sposób, w jaki w praktyce wykorzystywany jest czynnik [21]. Do niezaprzeczalnie cennych czynników, którymi oddziałujemy na organizm w celach podniesienia jego wydolności i odporności należą: wibracja, podciśnienie (bańki), energia pola magnetycznego oraz kinesiotaping.

## Wibroterapia

Za bardzo cenny czynnik fizyczny uważamy wstrząsy i wibrację, definiujemy je jako drgania (czynnik mechaniczny, a także kinetyczny) o różnych parametrach; w przypadku wstrząsów są to drgania o dużej amplitudzie ruchu, a małej częstotliwości, a w przypadku wibracji – odwrotnie, częstotliwość jest bardzo duża, a amplituda bardzo mała. Parametry takie można uzyskać przez technikę wibracji ręcznej, co ma miejsce w masażu klasycznym oraz przez zastosowanie różnego rodzaju urządzeń, np. Vitberg czy HHP Masaż. Wibracja to technika, której głównym adresem jest układ nerwowy [24, 27].

W pewnym uproszczeniu oba typy drgań można zaliczyć do wibroterapii. Wypowiadając się na ten temat, chcemy zwrócić uwagę na nieco inne jeszcze efekty niż te wyszczególniane w literaturze przedmiotu dotyczącej wibroterapii. Najczęściej do zalet wibroterapii przypisuje się:

- wzmożenie przepływu krwi i limfy,
- nasilenie procesów metabolicznych, • poprawa perystaltyki jelit,
- obniżenie poziomu cholesterolu (LDL),
- obniżenie ciśnienia krwi,
- działanie przeciwzapalne i przeciwobrzękowe,
- korzystny wpływ na psychikę (obniża poziom stresu),
- ułatwienie odksztuszania.

Wstrząsy wg Magiery [24] to wibracja labilna i stabilna, a można tu także zaliczyć niektóre formy oklepywania (oklepywanie tzw. łyżeczkowate). Wpływają one głównie na nerwy i stawy. W odniesieniu do stawów możemy je określić jako mikromobilizacje bierne [12]. Postulujemy zatem, aby do zalet wibracji uzyskiwanej dowolną metodą przypisać także efekty związane z narządem ruchu, a w szczególności dotyczące stawów, które z kolei mają powiązania z układem nerwowym. Rodzi się pytanie o czas oddziaływania na organizm tego typu czynnikiem. W przypadku masażu klasycznego na techniki te przeznaczona się ok. 20% czasu, w przypadku urządzeń mechanicznych powinno wystarczyć od kilku do kilkunastu minut.

## Terapia vacuum (bańki medyczne)

Terapia z wykorzystywaniem baniek należy do metod medycyny naturalnej (alternatywnych). To metoda bardzo stara znana w starożytności. Już ojciec medycyny racjonalnej – Hipokrates (460 –377 p.n.e.) podał dokładny opis baniek i teoretyczne uzasadnienie ich stosowania [5].

Główny mechanizm działania baniek związany jest z krwią (hemoterapia). Efekty terapeutyczne zależne są od kilku czynników; głównie wielkości podciśnienia, powierzchni skóry pod bańką, a także od temperatury pod bańką oraz innych czynników skojarzonych z podciśnieniem (np. igła do akupunktury, magnes, lód itp.).

### Typy baniek

W zależności od mocy podciśnienia dzielimy bańki na trzy kategorie;

- a) lekkie: 100–300 mb,
- b) średnie: 300–500 mb,
- c) silne: powyżej 500 mb.

Bańki ze względu na materiał, z którego zostały wykonane dzielimy na:



ryc. 4. Typy baniek [opracowanie własne]

- szklane – gorące (ogniowe) i zimne (podciśnienie uzyskujemy przy pomocy specjalnej pompki),
- silikonowe – przezroczyste, co pozwala na ich wykorzystanie także w diagnostyce tkanek miękkich,
- drewniane – najczęściej bambusowe (gorące),
- gumowe – zimne (służą do stawiania ich na nierównych powierzchniach, czyli tam, gdzie nie można postawić bańki szklanej),
- bańki szklane lub z plastiku skojarzone z gwoździem (klawikiem) – do stawiania na punktach akupunkturowych (ryc. 4).

Bańki mogą być wykorzystywane na różne sposoby; jako bańki „antybiotykowe” związane z mechanizmem hemoterapii (przy problemach zdrowotnych dotyczących płuc), w formie masażu bańką (np. przy cellulicie) i dla potrzeb uzyskania silnego miejscowego odczynu w celu szybkiej regeneracji tkanek [15].

Autorom niniejszego rozdziału zależy głównie na ukazaniu zastosowania baniek w algorytmie postępowania fizjoterapeutycznego z wykorzystaniem środków terapii manualnej, czyli mobilizacji i manipulacji.

## Magnetoterapia

Energia pola magnetycznego oraz elektromagnetycznego zarówno stałego, jak i zmiennego to bardzo cenny czynnik w oddziaływaniu na organizm. Wykorzystuje się go zarówno w profilaktyce chorób, jak i w terapii. Wartość tej postaci energii wynika z faktu, że w ludzkim organizmie występuje żelazo – uważane jest za najbardziej rozpowszechniony pierwiastek ludzkiego ustroju związany z krwią. Żelazo jest więc paramagnetykiem, czyli pierwiastkiem, który wchodzi w reakcję z polem magnetycznym, pierwiastki (metale), które nie reagują na ten czynnik określamy diamagnetykami [6, 28].

Krew to bardzo ważna tkanka ustroju, należy do zespołu tkanki łącznej – płynnej.

Nie wdając się w tym miejscu w złożone mechanizmy fizjologiczne i biochemiczne dotyczące reakcji krwi na omawiany czynnik, wyszczególnione zostaną tylko najważniejsze efekty, które wykorzystujemy w terapii. Jako jeden z najistotniejszych podkreśla się przyśpieszenie zrostu kości po złamaniach. Szacuje się, że zrost zostaje znacząco przyśpieszony. Poprawie ulegają czynności wszystkich tkanek i narządów. Należy zaznaczyć, że pole magnetycz-



ne nie napotyka na żadne przeszkody w dotarciu do każdej komórki ustroju. Warto w praktyce fizjoterapii polecić pacjentom wykorzystanie magnetoterapii w warunkach domowych (np. w formie leasingu urządzeń), co ma walor leczniczy, ale i ekonomiczny.

### Kinesiotaping (KT)

Kolejnym czynnikiem wspomagającym leczenie jest kinesiotaping, polska nazwa to dynamiczne plastrowanie, czyli wykorzystanie specjalnej budowy plastra, którego głównym zadaniem jest wzmożenie krążenia krwi i limfy w obszarze objętych patologią, a to sprawia, że przyspieszeniu ulegają procesy regeneracyjne w organizmie. Taśmy używane do kinesiotapingu są wykonane z bawełny, pokryte hipoalergicznym akrylowym klejem aktywowanym ciepłem, o elastyczności zbliżonej do ludzkiej skóry (charakteryzują się rozciągliwością w zakresie do 130–140% w stosunku do stanu wyjściowego). Taśmy są wodoodporne, nie ograniczają ruchomości i mogą być noszone przez kilka dni. Specjalny klej (akrylowy) sprawia, że przylegają one do skóry i przy ruchach powodują występowanie mikromasażu warstwy naskórkowej, skóry właściwej i powięzi, powstają charakterystyczne konwolucje, czyli marszczenie się taśmy i skóry w stosunku do tkanek pod nią leżących, co poprawia w okolicy nałożenia taśmy krążenie krwi i zwiększa przestrzeń dla tkanek znajdujących się poniżej, a przez to mają też wpływ na mięśnie i artrokinetykę [26, 33].

Mechanizm działania taśmy jest zgodny z fizjologicznym ruchem ciała człowieka i działaniem łańcuchów mięśniowo-powięziowych. Prawidłowe naklejenie plastra stymuluje włókna czuciowe, zwiększa przepływ krwi i transport chłonniki. Dochodzi wówczas do reakcji wazodylatacyjnej naczyń krwionośnych, która aktywuje się dzięki drażnieniu termoreceptorów i tensoreceptorów naskórka oraz naczyń krwionośnych, co w przypadku zwiększonego ukrwienia przyspiesza regenerację tkanek [26].

Kinesiotaping ma na celu zmniejszenie bólu, regulację napięcia mięśniowego, usprawnienie przepływu limfy, poprawę mikrokrążenia i wsparcie układu mięśniowego. Cele te można osiągnąć poprzez zastosowanie różnych technik aplikacji, takich jak mechaniczna, funkcjonalna, krążeniowo/limfatyczna, powięziowa, przestrzeni i wiązadłowo-ścięgnista. Wszystkie te techniki umożliwiają dostosowanie się do indywidualnych potrzeb pacjenta.

### Podsumowanie

Wybrane zagadnienia potraktowano bardzo ogólnie, bez wnikania w szczegóły anatomiczno-fizjologiczne czy mechanizmy działania. Usprawiedliwieniem takiego podejścia jest liczenie się z objętością pracy z jednej strony, a zastosowanie licznych przypisów do dostępnej literatury z drugiej, co pozwoli czytelnikowi na zgłębienie tych zagadnień już we własnym zakresie.

Niektóre opisywane w rozdziale formy terapii pochodzą z obszaru medycyny naturalnej. Dotyczy to przede wszystkim akupresury i jej japońskiej odmiany – shiatsu. Postulując ich szersze wykorzystanie w procesie fizjoterapeutycznym powołano się na opinię twórcy waleologii – Igora Murawowa [29] na temat medycyny niekonwen-

cjonalnej: Wyjątkowo ważne jest opracowanie podstaw naukowych, nie oddzielnie i tym bardziej nie w rywalizacji między dwoma rodzajami medycyny. Istnienie i rozwój ich obu powinien być owocem współpracy”. Terapia manualna niekiedy jeszcze jest zaliczana do obszaru medycyny niekonwencjonalnej. Sytuacja ta ulega zmianie od chwili wprowadzenia do programu studiów na kierunku fizjoterapii – terapii manualnej jako przedmiotu obligatoryjnego. Ta forma terapii uchodzi za bardzo efektywną, a przy tym wykorzystuje proste środki wykonywane rękami terapeuty. Szczególną rolę terapia manualna odgrywa przy stawach kręgosłupa. Z punktu widzenia terapii manualnej najważniejszą funkcją kręgosłupa jest ochrona rdzenia kręgowego oraz rozdzielanie nerwów na poszczególne części ciała za pośrednictwem 31 (do 33) par nerwów rdzeniowych. Stąd wynika wzajemne powiązanie stawów kręgosłupa z narządami wewnętrznymi na zasadzie sprzężenia zwrotnego (feedbacku). Drażnienie nerwu odbija się na czynności narządu wewnętrznego, z kolei dysfunkcja narządu wewnętrznego ujawnia się w okolicy kręgosłupa, czego dowodzą tzw. „punkty alarmowe” (tylne, bo są także przednie) opisywane w ramach TMC [7]. Dla przykładu dla serca punkt alarmowy tylny to – PM.15 (Xinshu), leżący 1,5 cuna od wyrostka kolczystego kręgu Th5. W przypadku „alarmu” punkt ten jest bolesny. Punktem alarmowym przednim dla serca jest punkt GRP.14 (Jque). Należy tu podkreślić kwestię zróżnicowania bólu, istotne jest pytanie, czy pochodzi on z kręgosłupa? Ból pochodzący z kręgosłupa

REKLAMA



**OBAC** Ośrodek Badań Atestacji i Certyfikacji OBAC Sp. z o.o. [www.OBAC.com.pl](http://www.OBAC.com.pl)

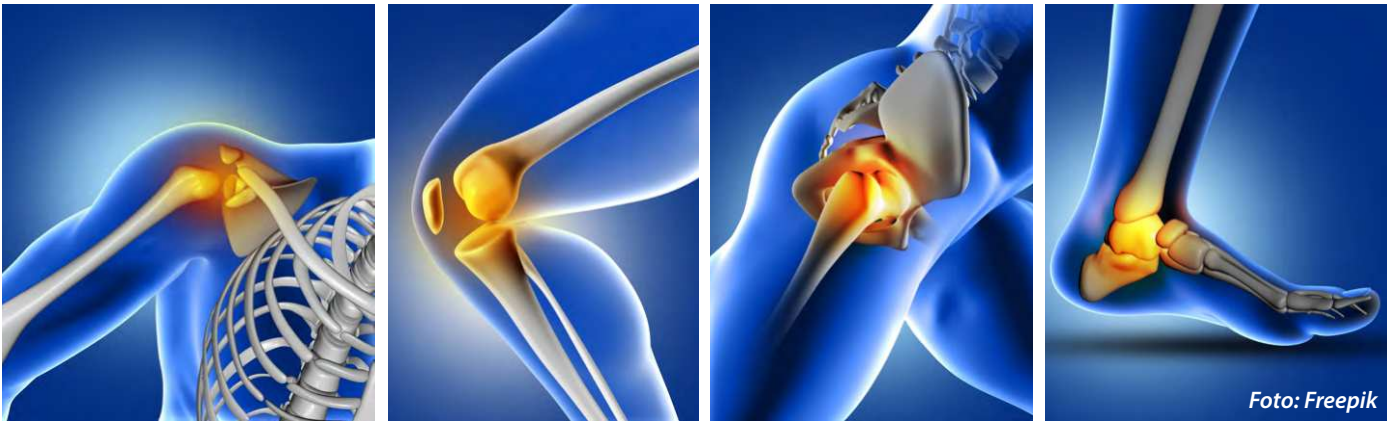
**OBAC** SAFETY CERTIFIED

## Badania i certyfikacja wyrobów medycznych

- Badania wyrobów: mechaniczne, elektryczne, środowiskowe i funkcjonalne
- Weryfikacja dokumentacji technicznej wyrobów medycznych
- Testy kompatybilności elektromagnetycznej EMC
- Certyfikacja aktywnych wyrobów medycznych klasy I
- Certyfikacja systemów zarządzania według PN-EN 13485: 2016-04

biuro@obac.com.pl  
tel. 32 237 84 40

OBAC Sp. z o.o. | ul. Łabędzka 21, Gliwice



występuje tylko po jednej stronie, w przypadku bólu z narządu wewnętrznego ból występuje po obu stronach kręgosłupa, czyli jest symetryczny. Gdy „alarm” stwierdzamy zarówno z tyłu jak i z przodu, to specjalista TMC określi to jako nadczynność lub niedoczynność energetyczną meridianu serca (meridian V) i skieruje pacjenta na konsultację do kardiologa w celu określenia przyczyny tego zjawiska [19].

W zakończeniu pragniemy sformułować postulat zweryfikowania programów nauczania na kierunku fizjoterapii i wzbogacenia ich o elementy medycyny niekonwencjonalnej oraz rozszerzenia programu nauczania w zakresie metod terapii manualnej.

## Literatura

- [1] Ackermann W.P., Chiropraktyka ukierunkowana, diagnoza i technika, Wydawnictwo Natura & Medica, Poznań 1998, s. 53–94.
- [2] Arkuszewski Z., Podręcznik medycyny manualnej: atlas zabiegów – kręgosłup szyjny, WL PZWL, Warszawa 2001, s. 86–118.
- [3] Banks K., Hengeveld E., Terapia manualna według MAITLANDA, Elsevier Urban&Partner, Wrocław 2013, s. 17–23.
- [4] Buckup K., Testy kliniczne w badaniu kości, stawów i mięśni, WL PZWL, Warszawa 2020, s. 4–200.
- [5] Christopoulou- Letra H., Papavramidou N., Cupping: an alternative surgical procedure used by Hippocratic physicians, J. Altern. Complement. Med. 2018,14 (8), s. 899–902.
- [6] Cieślak G., Sieroń A., Magnetostymulacja, [w:] Śliwiński Z., Sieroń A., Stanek A. (red.), Wielka fizjoterapia, tom 3. Elsevier Urban&Partner, Wrocław 2014, s. 233–238.
- [7] Garnuszewski Z., Akupunktura we współczesnej medycynie, Amber, Warszawa 1996, s.138–187.
- [8] Gaździk T.S., Ortopedia i traumatologia, WL PZWL, Warszawa 2002, s. 52–87.
- [9] Hartman L., Handbook of osteopathic technique, Chapman&Hall, London 1997, s. 69–253.
- [10] Jing Ch. Anatomical atlas of chinese acupuncture points. Shandng Science and technology Press, Jinan, China 1982, s. 7–63.
- [11] Kaltenborn F.M., Kręgosłup, badanie manualne i mobilizacje, Wydawnictwo Rolewski, Toruń 1998, s. 88–102.
- [12] Kasperczyk T., Informacyjne i bioenergetyczne znaczenie różnych form masażu, Promocja Zdrowia i Ekologia 2021, nr 2, s. 2–7.
- [13] Kasperczyk T., Kmak S., Masaż punktowy i inne metody refleksoterapii, Wydawca Kasper s.c., Kraków 2003, s.127–129.
- [14] Kasperczyk T., Marszałek A., Walaszek R., Dysfunkcje stawowe w obszarze ortopedycznej terapii manualnej”, Promocja Zdrowia i Ekologia 2021, nr 2 (1), s. 10–17.
- [15] Kasperczyk T., Marszałek A., Walaszek R., Medical cups and their therapeutic use, J. Health Problems of Civilization 2021, tom 15, nr 1, s. 68–77.
- [16] Kasperczyk T., Meridiany, punkty i recepty chińskie, Wydawnictwo JET, Kraków 2017, s. 31–83.
- [17] Kasperczyk T., Mucha D., Algorytm postępowania fizjoterapeutycznego w zablokowaniu stawu barkowego, Refleksoterapia 2009, nr 4, s. 34–42.
- [18] Kasperczyk T., Mucha D., Wiadomości wstępne, [w:] T. Kasperczyk, D. Mucha (red.), Propedeutyka i historia fizjoterapii, AWF, Kraków 2022, s. 9–35.
- [19] Kasperczyk T., Mucha D., Wykorzystanie akupresury i shiatsu w terapii manualnej, Medycyna Manualna 2012, nr 2 i 3, s. 7–10.
- [20] Kasperczyk T., Walaszek R., Zabiegi przed mobilizacjami biernymi na kręgosłupie i po nich, [w:] Kasperczyk T., Mucha D. (red.), Podstawy terapii manualnej, Wydawnictwo JET, Kraków 2012, s. 59–64.
- [21] Kasperczyk T., Węglarz J., Ruch jako czynnik, środek i forma – wiadomości wstępne [w:] T. Kasperczyk, D. Mucha (red.), Zarys kinezylogii, Jet, Kraków 2022, s. 13–37.
- [22] Kierczuk E., Kmak S., Masaż stawów, Refleksoterapia 2009, nr 2, s. 14–17.
- [23] Lewit K., Leczenie manualne zaburzeń czynności narządu ruchu, PZWL, Warszawa 1984, s. 195–230.
- [24] Magiera L., Klasyczny masaż leczniczy, Wydawnictwo Bio-Styl, Kraków 2007, s. 31–32.
- [25] Magiera L., Masaż stawowy centryfugalny, [w:] Walaszek R. (red.), Masaż z elementami rehabilitacji, Rehmed, Kraków 2017, s. 282– 284.
- [26] Markowski A., Kinesio Taping, praktyczny poradnik. Techniki korekcyjne, aplikacje mięśniowe, Wydawnictwo SBM, Warszawa 2015, s. 20–23.
- [27] Marszałek A., Zmysł dotyku a masaż, Refleksoterapia 2009, nr 3, s. 28–34.
- [28] Mika T., Fizykoterapia, PZWL, Warszawa 1993, s. 326–334.
- [29] Murawow I., Bulicz E., Kwaczko A. Medycyna niekonwencjonalna – konkurencja czy współdziałanie? Refleksoterapia 2010, nr 1, s. 15–17.
- [30] Pawłowski M., Kręgarstwo jako sztuka nastawiania nadwichtniętych kręgow jako zasadniczej przyczyny chorób, Miejsce Piastowe, 1926, s. 1–128.
- [31] Put M., Terapia manualna- zarys koncepcji B.R. Mulligana, Refleksoterapia 2010, nr 3, s. 31–32.
- [32] Saionji M., Yumeiho – japońska metoda leczenia, Wydawnictwo: UMEA SHINODA- KURCEJO, Kraków 1999, s. 33.
- [33] Śliwiński Z., Krajczy M., Dynamiczne plastrowanie, podręcznik: Kinesiology Taping, Wydawnictwo Markmed Rehabilitacja s.c. Ostrowiec Świętokrzyski 2014, s. 47–49.
- [34] Wojtanowski W., Terapia manualna w korekcji wad postawy, PWSZ, Tarnów 2008, s. 34–43.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Promocja Zdrowia i Ekologia”, nr 1-2/2023, s. 2-10.

**prof. dr hab. Tadeusz Kasperczyk,**  
**dr Andrzej Markowski**

Zakład Kosmetologii Estetycznej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

# POLO MED



Firma POLOmed jest od wielu lat autoryzowanym dystrybutorem urządzeń rehabilitacyjnych firmy RECK MOTomed Niemcy.

Dystrybuujemy rotory nowej generacji MOTomed loop dla pacjentów siedzących oraz MOTomed layson dla pacjentów leżących. W naszym asortymencie znajdują się również rotory przeznaczone do terapii pacjentów z chorobami neurologicznymi, takimi jak choroba Parkinsona i SM. Kolejny model urządzenia to MOTomed layson. I dla pacjentów dializowanych.

Możliwość regulacji i indywidualnego dopasowania rotora do pacjentów, szeroki wachlarz oprogramowania, szybkie i łatwe przestawianie funkcji treningu nóg na trening rąk oraz wysokiej jakości materiały spełniające wszelkie wymogi higieny sprawiają, że mamy do czynienia z doskonałym produktem medycznym stosowanym w terapii ruchowej pacjentów o różnych schorzeniach.

## RECK Medizintechnik

DE 88422 Betzenweiler, Reckstr. 1-5,  
tel. +49 7374 18-85, e-mail: info@motomed.com  
www.motomed.com

## POLOmed Andrzej Połośki

75-556 Koszalin, ul. Moniuszki 29/13  
tel. +48 694 340 218  
e-mail: a.polonski@motomed.com

[www.polomed.pl](http://www.polomed.pl)

# Wirtualna rzeczywistość w rehabilitacji – rewolucja dzięki immersyjności

**W**irtualna rzeczywistość (VR), jeszcze kilka lat temu kojarzona głównie z grami komputerowymi, obecnie zyskuje coraz większe znaczenie również w świecie medycyny, a szczególnie w rehabilitacji.

Z terapią z wykorzystaniem gogli VR nierozwalnie łączy się termin tzw. grywalizacji. Dzięki specjalnym okularom, możliwym jest osadzenie pacjenta w wirtualnym interaktywnym świecie, w którym będzie on wykonywał określone ćwiczenia, dostosowane do jego potrzeb oraz możliwości. Jednoczesne odcięcie od wszelkich bodźców zewnętrznych czyni rehabilitację angażującą na niespotykanym dotąd poziomie.

W ramach terapii pacjent może m.in. przenieść się na wirtualną plażę, układać klocki, zrywać owoce z drzew, grać w siatkówkę, wykonywać ćwiczenia oddechowe, czy podejmować czynności życia codziennego, takie jak krojenie warzyw, smażenie steków i przygotowywanie kanapek. A wszystko to z klinicznie potwierdzonym pozytywnym wpływem na m.in. poprawę koncentracji i uwagi, funkcji wzrokowo-przestrzennych, koordynacji oraz szeroko pojętą motorykę.

## Dla kogo terapia z wykorzystaniem VR

Terapia z wykorzystaniem VR kierowana jest do szerokiego grona odbiorców, w tym:

- **osób po udarach mózgu** – ćwiczenia z VR pomagają w ćwiczeniu funkcji motorycznych, percepcyjnych i poznawczych
- **pacjentów z chorobami neurodegeneracyjnymi** – skutki takich chorób jak parkinson czy alzheimer mogą być łagodzone dzięki regularnym treningom w wirtualnym środowisku
- **osób po urazach kręgosłupa i kończyn** – VR motywuje pacjentów do wykonywania ćwiczeń wzmacniających mięśnie i poprawiających zakres ruchu
- **dzieci z zaburzeniami rozwojowymi** – terapia VR może wspierać rozwój umiejętności społecznych, komunikacyjnych i motorycznych u dzieci z autyzmem czy ADHD
- **pacjentów z zaburzeniami równowagi i w rehabilitacji ortopedycznej** – VR pozwala na bezpieczne wykonywanie ćwiczeń w kontrolowanych warunkach, co przyspiesza proces rehabilitacji.

CUREOSITY



Oczywiście nie są to jedyne obszary stosowania VR w kontekście terapeutycznym. Niezwykle obiecujące rezultaty odnoszą specjaliści wykorzystujący środowisko wirtualnej rzeczywistości u osób zmagających się z depresją i stanami lękowymi, gdzie ogólna poprawa nastroju i zadowolenie z formy terapii bezpośrednio wpływają na odprężenie psychofizyczne. Na rynku występują nawet systemy VR ograniczone do stosowania wyłącznie w tego typu terapii.

Odcięcie pacjenta od wszelkich bodźców zewnętrznych stanowi również podstawę dla stosowania VR w przypadkach leczenia przewlekłego bólu. Przykładowo, w Stanach Zjednoczonych, gdzie dodatkowym motorem napędowym poszukiwania skutecznej metody łagodzenia ostrego bólu jest kontekst epidemii opioidowej, dużo uwagi poświęca się skuteczności środków natury niefarmakologicznej. Doprowadziło to do rozwoju form terapii wykorzystujących wirtualną rzeczywistość o klinicznie potwierdzonej skuteczności [1], występujących w federalnych programach zdrowotnych, do których pacjenci mają dostęp nie tylko w szpitalach i ośrodkach medycznych, ale i we własnych domach.

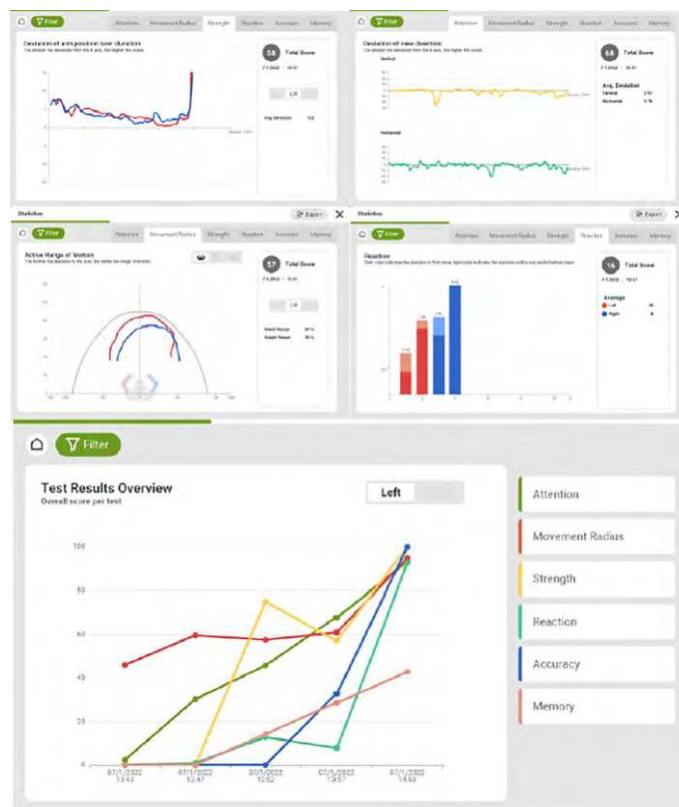
### Kto na rewolucji z VR skorzysta?

Systemy wirtualnej rzeczywistości to przede wszystkim skok jakościowy w nastawieniu pacjenta do terapii, często znużonego formą konwencjonalnych ćwiczeń. Z drugiej strony, nie zapominajmy o lekarzach i terapeutach, dla których wirtualna rzeczywistość stanowić będzie skuteczne i uniwersalne narzędzie pracy o kompaktowych rozmiarach i mnogości możliwości. Co niezwykle istotne, najbardziej zaawansowane systemy pozwalają pacjentom na ćwiczenia z wykorzystaniem własnych dłoni i palców (bez konieczności używania konwencjonalnych kontrolerów), a nawet pracę w zajęciach grupowych.

W odróżnieniu do stacjonarnych i skomplikowanych systemów zrobotyzowanych, platformy do rehabilitacji z wykorzystaniem środowiska wirtualnej rzeczywistości są nie tylko znacznie mniejsze i tańsze w zakupie, ale i bezproblemowe w utrzymaniu. Co ważniejsze jednak, powszechnie dostępne są już pierwsze publikacje naukowe potwierdzające wyższą skuteczność terapii z wykorzystaniem immersyjnej rzeczywistości wirtualnej w zestawieniu z treningiem wspomaganym elektromechanicznie [2]. Zapewniają jednocześnie mnogość precyzyjnych danych w związku z monitorowaniem postępów pacjenta w czasie rzeczywistym.

### Czy taka rehabilitacja jest bezpieczna?

Osoby, które miały kontakt z wirtualną rzeczywistością w świecie rozrywki, mogły doświadczyć zawrotów głowy w związku z zaburzeniami błędnika (tzw. choroba symulatorowa). Bez względu na to, systemy VR przeznaczone do użytku terapeutycznego powinny posiadać odpowiednią certyfikację medyczną, a oprogramowanie w nich zawarte nie wywoływać tego typu skutków. Przykładowo, producent jednego z najbardziej rozpoznawalnych i nagradzanych systemów do rehabilitacji z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości chwali się poziomem akceptacji terapii przez pacjentów na poziomie aż 95% [3].



### Raporty otrzymywane z aplikacji Curoo

Oczywiście wirtualna rzeczywistość nie zastępuje tradycyjnych metod rehabilitacji, a stanowi ich wartościowe uzupełnienie, zwiększając szanse na szybszą i skuteczną rekonwalescencję. Nie jest to jednak forma terapii z przyszłości. To dzieje się już, również w Polsce.

**Więcej informacji o zaawansowanym systemie wirtualnej rzeczywistości Curoo można uzyskać na stronie internetowej wyłącznego dystrybutora: <https://liwcare.pl>. Jeżeli jesteś zainteresowany zastosowaniem VR w praktyce, uzupełnij formularz kontaktowy na stronie i umów się na pokaz w Twojej placówce.**

### Literatura

- [1] An 8-Week Self-Administered At-Home Behavioral Skills-Based Virtual Reality Program for Chronic Low Back Pain – Journal of Medical Internet Research, publ. 22/02/2021, vol 23, No 2 (2021): February <https://www.jmir.org/2021/2/e26292/>
- [2] Neurorehabilitation of the upper extremity – immersive virtual reality vs. electromechanically assisted training. A comparative study (Curoo vs ArmeoSpring) – Frontiers in Neurology, publ. 21/12/2023, Tom 14 – 2023 <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1290637>.
- [3] Effective and sustainable – Cureosity GmbH, <https://www.cureosity.com/curoo/discover-curoo>.

**LIW Care Technology**

**Sp. z o. o.**

<https://liwcare.pl/pl/>



# Przewodnik po rehabilitacji ortopedycznej

**K**luczowym celem rehabilitacji ortopedycznej jest przywrócenie funkcji narządu ruchu oraz aktywności życiowych utraconych w efekcie wypadków i chorób, a także zmian wrodzonych i nabytych układów: kostnego, stawowego oraz mięśniowego.

## Rola fizjoterapeuty

Fizjoterapeuta ma sprawić, by po urazie pacjent wrócił do normalnej aktywności, a jego codzienności nie towarzyszył ból. – Do fizjoterapeutów trafiają pacjenci po urazach takich jak: skręcenie, zwichnięcie stawów lub po złamaniach kości albo którzy przeszli operację narządu ruchu, na przykład po wstawieniu endoprotezy stawu biodrowego lub kolanowego, po rekonstrukcji więzadeł. Rehabilitujemy także osoby ze zdiagnozowanymi zmianami zwyrodnieniowymi w obrębie narządu ruchu, ze zmianami przeciążeniowymi kręgosłupa, a także sportowców po kontuzjach – wylicza Maciej Rychlik.

## Kiedy rozpocząć rehabilitację?

Najlepiej jeszcze przed operacją, im szybciej, tym lepiej. – Rehabilitacja przedoperacyjna jest już standardem. Stanowi odpowiednie przygotowanie pacjenta do operacji, jak i czasu rekonwalescencji. Natomiast proces rehabilitacji pooperacyjnej powinien się rozpocząć już w pierwszej dobie po zabiegu. Jeszcze na oddziale szpitalnym, fizjoterapeuta powinien pokazać pacjentowi, jak chodzić o kulach, jak radzić sobie z prostymi czynnościami. Pacjent powinien być poinstruowany, jak wykonywać bezpiecznie proste ćwiczenia w warunkach domowych – stwierdza fizjoterapeuta Uzdrowiska Ustroń.

Główną metodą fizjoterapii w rehabilitacji ortopedycznej jest medyczny trening terapeutyczny, w którym używane są różne przyrządy takie jak: rower, piłka gimnastyczna, gumy do stawiania oporu, ciężarki, step, dyski sensomotoryczne, drabinki i wiele innych. – Równie ważnym aspektem jest praca bezpośrednio z ciałem pacjenta. Do tego wykorzystujemy takie narzędzia jak: terapia manualna, masaż tkanek głębokich, rozluźnianie mięśniowo-powięziowe, dry needling (suche igłowanie) oraz plastrowanie dynamiczne (kinesiotaping) – wymienia Maciej Rychlik.

**Nieszczęśliwy upadek, w konsekwencji skrzycona lub złamana noga. Nie jest łatwo wrócić do pełnej sprawności po tego typu urazie. Dlatego z pomocą przychodzą rehabilitanci oraz fizjoterapeuci. O tym, jak wygląda rehabilitacja ortopedyczna, kto powinien z niej skorzystać i czy ćwiczenia w domu mają sens, rozmawiamy z Maciejem Rychlikiem, fizjoterapeutą Uzdrowiska Ustroń, Grupa American Heart of Poland.**

## Z pomocą przychodzą roboty

Nie tylko masaż i trening z przyrządami pomagają wrócić do formy po urazach. Niedawno Uzdrowski Instytut Zdrowia w Ustroniu został wyposażony w dwa nowoczesne urządzenia wspierające pacjentów między innymi w rehabilitacji ortopedycznej narządu ruchu. Pierwszy z robotów to reedukator chodu, który może być wykorzystany na każdym etapie rehabilitacji, pomagając pacjentom w poprawie umiejętności chodzenia. Drugi to robot do prowadzenia rehabilitacji kończyn dolnych i górnych. Wpływa na poprawę krążenia i obniżenie stopnia obkurczania tkanek miękkich. Wspomaga także zwiększenie aktywności nerwowo-mięśniowej u pacjenta.

## Po wyjściu ze szpitala

Na pierwszej wizycie w warunkach pozaszpitalnych fizjoterapeuta zapoznaje się z historią choroby pacjenta oraz z wytycznymi lekarza prowadzącego. Przeprowadza testy funkcjonalne, na podstawie których planuje dalszą rehabilitację. Zanim jednak rozpoczyna się regularne ćwiczenia, konieczne jest rozpoznanie przypadłości, które mogą wy-

kluczyć pacjenta z rehabilitacji. W tym celu fizjoterapeuta – po wnikliwym wywiadzie – sam sugeruje wykonanie różnych badań oraz konsultację u lekarza. – Na pierwszą wizytę najlepiej zabrać ze sobą dotychczasową dokumentację medyczną – radzi fizjoterapeuta Uzdrowiska Ustroń.

## Ćwiczenia także w domu?

Po terapii w gabinecie fizjoterapeuta często sugeruje pracę dodatkową w domu. – Najczęściej są to wskazówki do codziennego funkcjonowania lub kilka prostych ćwiczeń mających na celu utrwalenie osiągnięć terapeutę. Wykonywane wedle wskazówek są jedną z lepszych form powrotu do zdrowia i, co najważniejsze, są bezpieczne – mówi Maciej Rychlik. Ćwiczenia te mają na celu przyspieszenie procesu rehabilitacji i niejednokrotnie są niezbędne do pełnego powrotu do zdrowia.

## American Heart of Poland S.A.

# WYGODNE ORTEZY NA OPADAJĄCĄ STOPE

POCZUJ KOMFORT W KAŻDYM KROKU

www.turbomed.pl



## WYGODA

- ✓ orteza kontroluje opadanie stopy i umożliwia jej łatwe zgięcie podszwowe. Zapewnia **pełny zakres** ruchu kostki
- ✓ **nie powoduje obtarć**, odcisków i dyskomfortu



## AKTYWNOŚĆ

- ✓ możesz w niej biegać, skakać, jeździć na rowerze, a nawet chodzić po górach
- ✓ łatwo **dopasowuje się** do nierównego terenu i nachyleń



## ELASTYCZNOŚĆ

- ✓ pasuje zarówno na **prawą i lewą** nogę oraz do różnych rodzajów obuwia
- ✓ prosty i wygodny montaż

## AŻ 3 RODZAJE ORTEZ + ORTEZA DLA DZIECI

### Zapraszamy do współpracy:

- lekarzy • fizjoterapeutów • rehabilitantów
- ortotyków • właścicieli sklepów medycznych
- właścicieli i pracowników ośrodków rehabilitacyjnych



Czy dobre informacje nie są lepsze od najwspanialszej kawy?



**WYROBY medyczne**  
CZASOPISMO DLA SPECJALISTÓW  
EKSPERCI W SWOJEJ DZIEDZINIE

ABB | ASPEL | berfred  
inmed | KABINY CISZY | Klinika24  
medicom | MEIKO | PHILIPS

W numerze:  
• Zimnolęty syntetyczny  
• Kontrola niewyżymy jako zespół profilaktyki zakazów szpitalnych w placówkach medycznych według wymogów prawnych  
• Instalacje elektryczne w układach instalacji sprężonego powietrza, próżni i gazów medycznych - cz. I  
• Prawidłowe mycie i kulaminy w kontekście sali szpitalnej  
• Aplikacja do przetwarzania obrazów medycznych z wizualizacją przestrzenną  
• Badania kliniczne wyrobów medycznych wykorzystujących inteligentne algorytmy

**WYROBY medyczne**  
CZASOPISMO DLA SPECJALISTÓW

W numerze:  
• Diagnostyka obrazowa kamicy nerkowej  
• Kłosa słone o aparatach rentgenowskich  
• Symulacja procesu wtrysku sztyfów udowych w druku 3D dla zastosowań medycznych  
• Zintegrowany system sal operacyjnych – optymalizacja procesu zabiegu

**WYROBY medyczne**  
CZASOPISMO DLA SPECJALISTÓW

*Wesołych Świąt!*

Ce Cert. | EMKA | KABINY CISZY  
LINAK | PCBC | PROVIM

**WYROBY medyczne**  
CZASOPISMO DLA SPECJALISTÓW

ASPEL  
POLSKI PRODUCENT SPRZĘTU MEDYCZNEGO

czytaj nasze czasopismo na  
[www.e-wyrobymedyczne.pl](http://www.e-wyrobymedyczne.pl)



**NIC NIE MUSI.  
MOŻE WSZYSTKO.**

**RANGE ROVER  
SPORT**

Pewność w każdych warunkach, nawet tych ekstremalnych.  
Zaufanie, że dokonałeś najbardziej luksusowego wyboru.  
Sprawdź ofertę Range Rovera Sport i zapytaj o dodatkowe  
korzyści dla lekarzy.



**Plichta British Auto**

ul. Toruńska 258/260  
85-831 Bydgoszcz

+48 52 526 01 00  
salon@plichtabritishauto.pl

Zeskanuj kod QR  
i poznaj ofertę



# Testy wysiłkowe i ich rodzaje

## Kiedy takie badania są wykonywane? Jak należy się do testu przygotować? Jakie są rodzaje testów wysiłkowych?

Bez wątplenia test wysiłkowy jest niezwykle pomocny w diagnostyce różnego rodzaju chorób, w ocenie skuteczności zastosowanego leczenia czy też w określeniu wydolności fizycznej, szczególnie ważnej dla sportowców. W jakich sytuacjach test wysiłkowy to dobry wybór?

- diagnostyka różnego rodzaju chorób związanych z bólami w klatce piersiowej, ze zmianami w elektrokardiogramie, przy zaburzeniach pracy serca;
- ocena zaawansowania stanu, jakim jest choroba niedokrwienna serca i wybór odpowiedniej do tego formy leczenia;
- kwalifikacja do wykonania określonych badań, które są inwazyjne dla organizmu człowieka, jak również do poszczególnych etapów rehabilitacji, a także zabiegów i operacji;
- ocena skuteczności leczenia konkretnych chorób serca i wpływu zastosowanych metod leczenia na dalszą jego pracę;
- ocena wydolności fizycznej organizmu, jak również i samej czynności dotyczącej układu krążenia.

## Wskazania do wykonania próby wysiłkowej

- przy podejrzeniu CAD, czyli choroby wieńcowej serca, a także przy ocenie anatomicznej i funkcjonalnej stopnia zaawansowania CAD;
- przy przewidzianych zdarzeniach sercowo - naczyniowych;
- przy ocenie wydolności oraz tolerancji wysiłku;
- przy ocenie objawów, jakie są związane z wysiłkiem;
- przy ocenie zaburzeń rytmu serca na dany stopień wysiłku;
- przy ocenie następstw interwencji medycznych.

Badanie wysiłkowe serca jest zalecane u pacjentów z podejrzeniem choroby wieńcowej, a także u tych osób, u których występuje ryzyko pojawienia się schorzenia. Przy tej nieprawidłowości obserwuje się niedostateczne ukrwienie serca, co jest następstwem zwężonych tętnic wieńcowych. EKG wysiłkowe stosowane jest u pacjentów z niedomykalnością zastawki aortalnej serca lub z blokiem serca stopnia III. Na badanie kierowane są ponadto osoby, które doświadczają kołatania serca, bólu w klatce piersiowej oraz widocznych zaburzeń rytmu serca, jednak zmian nie wykazuje EKG spoczynkowe. Próba wysiłkowa jest również wykonywana w celu weryfikacji wydolności osób,

**Test wysiłkowy jest to elektrokardiologiczna próba wysiłkowa, stanowiąca formę badania pozwalającą przede wszystkim ocenić zmiany zapisu EKG, które widoczne są w trakcie wysiłku fizycznego. Wiadomo bowiem, że serce zupełnie inaczej pracuje w spoczynku, inaczej będąc aktywnym. Zwykłe EKG nie jest więc w stanie ocenić, jak się ono zachowuje, gdy organizm jest w ruchu. Testy wysiłkowe idealnie sobie z tym radzą.**

które na co dzień narażają swój organizm na duży wysiłek i obciążenie.

## Jak wygląda test wysiłkowy?

W celu przeprowadzenia badania, jakim jest test wysiłkowy, niezbędny jest ergometr rowerowy lub bieżnia ruchoma. W trakcie przeprowadzanego badania, pacjent ma założone na klatce piersiowej elektrody, które połączone są z urządzeniem dokonującym zapisu EKG. Ponadto, na ramię zakłada się mankiety, który pozwala w pełni kontrolować ciśnienie krwi. W trakcie testu, intensywność wysiłku jest zwiększana. W przypadku ergometru rowerowego, utrzymywana jest stała prędkość pedałowania, ale zwiększane jest jednocześnie obciążenie. W przypadku z kolei bieżni, zwiększana jest szybkość, jak również i kąt nachylenia bieżni. Najpopularniejszym protokołem wykonywanym w próbie wysiłkowej jest „protokół Bruce”. Jak długo trwa takie badanie? Do momentu aż

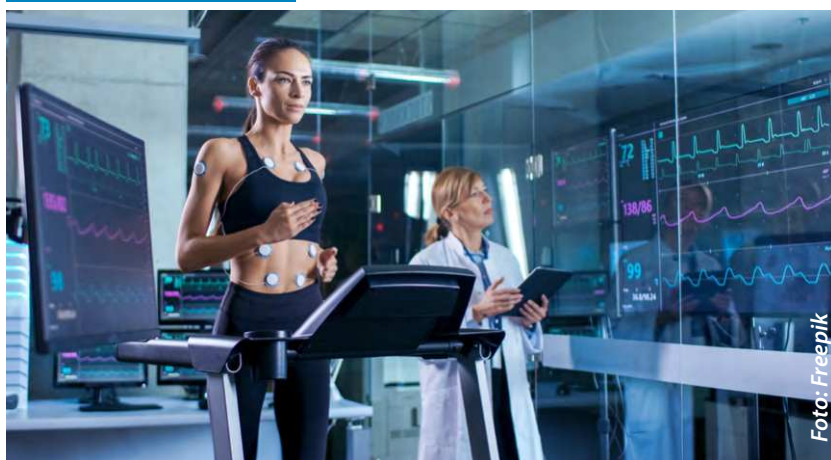


Foto: Freepik

osiągnięta zostanie przewidywana dla konkretnego wieku częstość akcji serca lub też, gdy widoczne zostaną w zapisie EKG konkretne zmiany, głównie odcinka ST, jego uniesienie i obniżenie w stosunku do parametrów spoczynkowych. Badanie należy zakończyć w momencie pojawienia się niepokojących przez badaną osobę objawów.

Próba wysiłkowa może zostać przerwana, kiedy dojdzie do zwiększenia lub nagłego obniżenia się ciśnienia tętniczego, a także po pojawieniu się bólu w klatce piersiowej i dusznościach odczuwanych przez pacjenta.

Ostatnim etapem jest powrót do normalnego stanu, czyli uspokajanie pracy serca. Etap *recovery* to również ważny moment, ponieważ lekarz obserwuje, jak reaguje organizm pacjenta, kiedy ciśnienie i tętno powracają do wyjściowych wartości.

<https://kredos.pl/>

# Ergospirometria w rehabilitacji kardiologicznej

**E**rgospirometria dokonuje pomiaru gazów oddechowych, sprawdza ich wysiłkowy przepływ, objętość, stężenie tlenu i dwutlenku węgla w powietrzu wydechowym.

Wskazania do wykonania ergospirometrii to: • skurczowa przewlekła niewydolność serca CHF, • CHF z zachowaną frakcją wyrzutową, • wrodzone wady serca u dorosłych, • kardiomiopatia przerostowa, • duszność wysiłkowa, • nadciśnienie płucne, • obturacyjna choroba płuc, • podejrzenie miopatii mitochondrialnej, • podejrzenie choroby niedokrwiennej serca, • ocena ryzyka przed operacją, jak również po operacji, • ocena długoterminowego rokowania w danej chorobie, • użycie  $VO_2$  na progu wentylacyjnym, określającym aktywność aerobową w trybie ciągłym i możliwość zaprogramowania indywidualnego treningu.

Dzięki ergospirometrii oceniamy wydolność i fizjologiczne progi VT i RCP, które wskażą przyczynę niskiej wydolności i szansę na jej poprawę. W trakcie badania CPET można przeanalizować pacjenta w kwestii pomiaru gazów oddechowych. Niezwykle ważne są tutaj warunki pomiaru gazów, które opierają się na trzech płaszczyznach:

- ATPS – warunki otoczenia, a więc temperatura, ciśnienie czy wilgotność powietrza,
- BTPS – pomiar gazu w temperaturze ciała, w ciśnieniu otoczenia i wilgotności 100%,
- STPD – warunki standardowe.

## Jakie parametry odgrywają kluczową rolę w trakcie badania?

- VE – wentylacja minutowa wydechowa. Jest ona równa ilości wydychanego powietrza w czasie jednej minuty. Wyrażona jest ona w litrach na minutę w warunkach BTPS •  $VO_2$  – wielkość pochłaniania tlenu, wyrażany jest on w mililitrach na minutę, w litrach na minutę lub jako wartość względna w mililitrach w przeliczeniu na kilogram masy ciała BM w ciągu minuty • MET – metaboliczny równoważnik obciążenia stanowi wielokrotność pochłaniania tlenu w spoczynku, w pozycji siedzącej, który wynosi 3,5 [mlxkg-1xmin-1] •  $VO_{2max}$  – maksymalna wielkość  $VO_2$ , określa się ją po osiągnięciu kryteriów maksymalnego wysiłku •  $VO_{2peak}$  – szczytowe pochłanianie tlenu, to najwyższa ilość  $VO_2$ , towarzysząca obciążeniu ograniczonemu objawami, bez osiągnięcia kryterium maksymalnego wysiłku • %ref  $VO_2$  – procentowa wartość wydolności szczytowej względem obliczonej wartości referencyjnej • VT – próg wentylacyjny, to wielkość pochłaniania tlenu w momencie jego osiągnięcia  $VO_{2@VT}$  lub jako wskaźnik procentowy relacji do  $VO_{2peak}$  •  $VO_{2@VT}$  – wielkość pochłaniania tlenu na progu wentylacyjnym •  $O_2$  pulse – tętno tlenowe, na jego podstawie ukazana jest ilość tlenu przenoszonego w czasie jednego skurczu serca, •  $O_2$  pulse trajektory – obraz przebiegu krzywej  $O_2$  pulse w relacji do obciążenia WR w trakcie rosnącego obciążenia •  $VO_2/\Delta WR$  – moc

tlenowa opisuje między innymi wzrost pochłaniania tlenu w odpowiedzi na przyrost obciążenia •  $VO_{2vs,WR}$  trajektory •  $PETO_2$  – ciśnienie parcjalne  $O_2$  w powietrzu późno - wydechowym •  $VCO_2$  – wielkość wydychanego dwutlenku węgla •  $PETCO_2$  – ciśnienie parcjalne  $CO_2$  w powietrzu późno - wydechowym • VE/ $VCO_2$  ratio – równoważnik wentylacyjny dwutlenku węgla. Parametr ten mówi, jaka ilość wentylowanego powietrza potrzebna jest do usunięcia 1 litra  $CO_2$  • VE/ $VCO_2$  slope • VE/ $VO_2$  – równoważnik wentylacyjny tlenu. Parametr ten mówi, jaka ilość wentylowanego powietrza potrzebna jest do pochłonięcia 1 litra  $O_2$  • VEpeak/MVV – rezerwa oddechowa. Jest to stosunek szczytowej minutowej wentylacji w czasie maksymalnego wysiłku do maksymalnej dowolnej wentylacji minutowej MVV • TV – objętość oddechowa. Jest to określenie objętości w czasie jednego wdechu lub wydechu. Ustala się tutaj zarówno wartość średnią, jak również i wyrażoną w [L] • EOV – wysiłkowa wentylacja oscylacyjna • RER – współczynnik wymiany oddechowej • RERpeak – współczynnik wymiany oddechowej na szczycie wysiłku.

## Fazy badania ergospirometrycznego

1. Faza wstępna badania CPET.
2. Spoczynkowe badanie spirometryczne, w którym to pod uwagę bierze się takie parametry jak: FVC – natężona pojemność życiowa, FEV1 – natężona objętość wydechowa pierwszosekundowa, wskaźnik Tiffenau FEV1/%VC, maksymalna wentylacja dowolna MVV. Przed rozpoczęciem badania zalecana jest rozgrzewka z pedałowaniem bez jakiegokolwiek obciążenia, by móc obliczyć średnią wartość mocy tlenowej.
3. Faza pomiarowa CPE.
4. Faza obserwacji OBS.
5. Faza pomiarowa - składa się z trzech etapów:
  - REST – spoczynek;
  - EXERCISE – wysiłek;
  - RECOVERY – regeneracja.
6. Faza interpretacji badania.
 

W fazie tej określa się między innymi: VT – pierwszy próg wentylacyjny i RCP – drugi próg wentylacyjny. Faza ta składa się z kilku etapów. Są to między innymi:

  - identyfikacja progów wentylacyjnych VT i RCP,
  - prezentacja graficzna danych – panel dziewięciu wykresów wg Wassermana,
  - przegląd danych tabelarycznych,
  - przegląd i edycja podstawowych danych badania,
  - podsumowanie i redakcja wniosków.

Odpowiednio przeprowadzona ergospirometria daje w pełni miarodajny obraz w obrębie występowania choroby, stawiania diagnozy i kontrolowania przebiegu samego leczenia.

<https://kredos.pl/>

# Rola aktywności fizycznej w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca

Adam Hałaburda, Emilia Czapracka, Tomasz Wróblewski, Oliwia Bochniak

Choroby sercowo-naczyniowe odpowiadały za około 17,9 milionów zgonów w 2019 roku i są najczęstszą przyczyną zgonów na świecie [1]. Brak aktywności fizycznej jest głównym czynnikiem ryzyka wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych, w tym choroby wieńcowej serca [2], a siedzący tryb życia jest podstawową przyczyną rozwoju choroby tętnic wieńcowych [3-7]. Badania dostarczają dowodów na to, że intensywna aktywność fizyczna zwiększa liczbę endotelialnych komórek progenitorowych (ang. *endothelial progenitor cells*, EPC), a także mieloidalnych komórek angiogennych (ang. *myeloid angiogenic cells*, MAC) u pacjentów z chorobą niedokrwinną serca, gdzie osiąga swój szczyt w 24 godzinie po treningu. Pacjenci z ostrą chorobą wieńcową odnieśli korzyści ze wzrostu liczby krążących endotelialnych komórek progenitorowych oraz zdolności migracyjnych mieloidalnych komórek angiogennych w wyniku uczestnictwa w programie ćwiczeń MICON (ang. *moderate intensity continuous*) samodzielnie lub z dodatkiem ćwiczeń oporowych lub sesji grupowej z gimnastyką [8]. Wpływ ćwiczeń na krążące EPC jest związany z czynnikami angiogennymi takimi jak VEGF (ang. *vascular endothelial growth factor*) i SDF-1 $\alpha$  (ang. *stromal cell-derived factor 1 $\alpha$* ) [9].

Choroba sercowo-naczyniowa jest ściśle związana z lokalnymi czynnikami hemodynamicznymi śródbłonna. Ćwiczenia mają bezpośredni wpływ na układ naczyniowy poprzez oddziaływanie na śródbłonek, co prowadzi między innymi do zmniejszonego ryzyka miażdżycy [10, 11]. Sugeruje się, że wczesne zastosowanie ćwiczeń w chorobie niedokrwiennej serca i ich kontynuowanie może zmniejszyć kliniczne objawy choroby wieńcowej [12]. Wykazano, że trzymiesięczny program ćwiczeń wytrzymałościowych nasila rozwój krążenia obocznego w mięśniu sercowym [14]. Wydaje się, że istnieje istotna zależność między zwiększeniem przepływu wieńcowego obocznego, a uzyskaną zdolnością wysiłkową [14,15].

Według niektórych badań połączenie aktywności fizycznej z ogólną zmianą stylu życia może prowadzić do regresji zwężeń w naczyniach wieńcowych oraz może powodować zmniejszenie czynników ryzyka choroby nie-

dokrwiennej serca [8,16,17]. Ćwiczenia fizyczne mobilizują endotelialne komórki progenitorowe i zwiększają ich funkcję przez sygnalizację zależną od SDF-1 $\alpha$  [9]. W programach treningowych objawowe niedokrwienie tkanek wydaje się być warunkiem wstępnym dla mobilizacji komórek progenitorowych [18]. Wykazano, że trening wysiłkowy hamuje agregację płytek prawdopodobnie przez redukcję wiązania czynnika von Willebrandta z płytkami krwi oraz ekspresji selektyny P na płytkach krwi [13].

## Pandemia COVID-19 a choroby sercowo-naczyniowe

Pandemia COVID-19 w znaczący sposób wpłynęła na zdrowie populacji, w tym również na rozpowszechnienie chorób sercowo-naczyniowych. W Polsce, w pierwszym roku pandemii COVID-19, zanotowano niekorzystne dla chorych zmiany. Doszło do obniżenia liczby hospitalizacji z powodu chorób krążenia oraz porad ambulatoryjnych. Zamiast tego zwiększyła się liczba teleporad. W tym okresie stawiano mniej diagnoz dotyczących chorób sercowo-naczyniowych. Dodatkowo wykonywano niższą ilość zabiegów w zakresie kardiologii inwazyjnej, elektrofizjologii i kardiologii. W wyniku pogorszenia opieki nad pacjentami doszło do nadwyżki umieralności z powodu chorób krążenia, szczególnie w przypadku choroby nadciśnieniowej oraz choroby niedokrwiennej serca. Nastąpiło również zaciągnięcie „długu zdrowotnego”, który będzie „spłacony” przez najbliższe lata [19].

## Aktywność fizyczna jako podstawowy element wtórnej profilaktyki choroby niedokrwiennej serca

Regularna aktywność fizyczna jest niezbędna dla zapobiegania, a także leczenia chorób sercowo-naczyniowych. W przypadku choroby niedokrwiennej serca regularne ćwiczenia obniżają ryzyko wieńcowe o 50-65%, a umieralność ogólną i z powodu chorób układu krążenia o około 20-30%. Aktywność fizyczna prowadzi do poprawy podaży tlenu do mięśnia sercowego, zapewniając tym samym lepszą tolerancję wysiłku. Dzięki temu poprawia się rokowanie u ćwiczących pacjentów, zarówno mężczyzn, jak i kobiet [20]. Aby program rehabilitacji kardiologicznej był efektywny, musi zostać wdrożony nie później niż 3 mie-



siące po wypisie ze szpitala [21]. W badaniu NAVIGATOR wykazano, że wzrost dziennej ambulatoryjnej aktywności o 2000 kroków powodował spadek ryzyka choroby sercowo-naczyniowej o 8%. [22]. Wykazano, że pacjenci z chorobą naczyń wieńcowych, którzy wykonywali ćwiczenia w ramach rehabilitacji kardiologicznej mieli zarówno niższą śmiertelność z przyczyn sercowo-naczyniowych, jak i rzadziej byli przyjmowani do szpitala w porównaniu z grupą kontrolną. Wykazano, że zmiany dotyczące stylu życia takie jak: zaprzestanie palenia, redukcja masy ciała, wzrost aktywności fizycznej, kontrola ciśnienia tętniczego, poziomu cholesterolu osocznego i glukozy redukują ryzyko wydarzeń sercowo-naczyniowych oraz poprawiają przeżycie tak samo dobrze jak stosowanie farmakoterapii [7]. Niestety, wiele osób nie zmienia trybu życia. Pacjenci często nie podejmują treningu, dlatego korzystne efekty mają tendencję do zanikania. W związku z tym potrzebne są programy treningowe, które motywowałyby pacjentów do kontynuowania treningu przez dłuższy czas [23]. Wykazano, że poradnictwo motywacyjne przyczyniło się do poprawy aktywności fizycznej u pacjentów z chorobą niedokrwienną serca wypisanych ze szpitala, w porównaniu z pacjentami korzystającymi ze zwyczajnych sesji informacyjnych, u których aktywność fizyczna spadła w odniesieniu do wartości wyjściowych [24].

Po incydencie sercowo-naczyniowym ważną rolę odgrywają również testy ćwiczeniowe, które pozwalają zaplanować rehabilitację. Testy ćwiczeniowe okazały się być bezpieczne nawet wtedy, kiedy były rozpoczynane w ciągu 3 dni po ostrym zawale mięśnia sercowego [23]. Dowodem na korzyści płynące ze zmiany stylu życia są badania prowadzone z udziałem pacjentów po angioplastyce wieńcowej. Wśród tych, którzy zmienili styl życia obserwowano mniejszą częstość incydentów sercowo-naczyniowych po 12 miesiącach obserwacji (11,2%) w porównaniu z tymi, którzy nie zmienili trybu życia (16,9%) [25]. Według National Service Framework for CHD (ang. *coronary heart disease*) 1 rok po rehabilitacji kardiologicznej pacjenci po-

winni podejmować 30 minut umiarkowanego wysiłku fizycznego, co najmniej 5 razy w tygodniu, utrzymując BMI poniżej 30 kg/m<sup>2</sup> [22].

### Nowoczesne technologie jako pomoc w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca

Niestety regularny ambulatoryjny trening zapewniony przez ochronę zdrowia jest niewystarczający i sprawność fizyczna pacjentów zazwyczaj pogarsza się po wypisaniu ze szpitala. Zazwyczaj jest to związane z problemami ekonomicznymi, psychologicznymi i społecznymi. Efektywnym wsparciem w rozwiązaniu tego problemu może być zastosowanie nadgarstkowego testera sportowego przesyłającego dane od pacjenta do fizjoterapeuty poprzez łącze internetowe [26]. Niestety wielu pacjentów nie korzysta z obecnych aplikacji internetowych. W czasie kwarantanny społecznej z powodu pandemii covid wykazano, że tylko 21,3% osób, które wykonywały aktywność fizyczną, korzystało z samouczków internetowych lub aplikacji [27]. Telerehabilitacja z użyciem nowoczesnych technologii może skutkować poprawą umiejętności samodzielnego zarządzania aktywnością fizyczną i zrównoważoną zmianą w zachowaniu. Ocena zarówno intensywności treningu, jak i aktywności fizycznej w środowisku domowym pozwala na indywidualne dopasowanie dla każdego pacjenta obu elementów programu ćwiczeń. Obiektywnie mierzona aktywność fizyczna przy użyciu akcelerometru i zapisywania danych tętna jest bardziej wiarygodna niż używanie kwestionariuszy jako samoreportu aktywności fizycznej, co umożliwia dokładną ocenę podstawowej miary wyniku [28]. Domowa telerehabilitacja kardiologiczna jest bardziej efektywna od tradycyjnej ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej w utrzymywaniu długoterminowej sprawności krążeniowo-oddechowej wyrażonej przez pVO<sub>2</sub> (ciśnienie parcjalne tlenu we krwi żyłnej) [29]. Wykazane różnice pomiędzy grupami wyniosły ponad 1mL/kg/min, co może przynieść znaczące długoterminowe korzyści w zapobieganiu incydentom sercowo-naczyniowym [30].

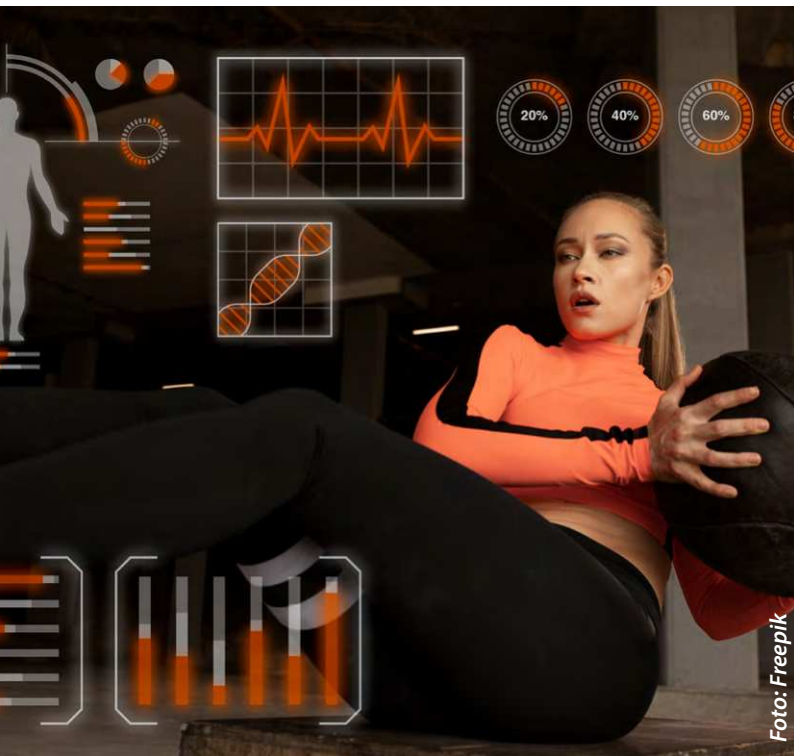


Foto: Freepik

### Rola aktywności fizycznej w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca u pacjentów z niektórymi innymi chorobami przewlekłymi

Osoby uczestniczące w rehabilitacji kardiologicznej to często pacjenci starsi, chorzy z zespołem kruchości, osoby z cukrzycą, pacjenci po przebyłym przemijającym udarze niedokrwinnym mózgu, osoby z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc, przewlekłą chorobą nerek lub z chorobą nowotworową. Często w rehabilitacji kardiologicznej biorą również udział pacjenci niewspółpracujący w procesie leczenia [20].

W przypadku małej aktywności fizycznej człowiek jest narażony na dwa główne czynniki ryzyka choroby wieńcowej serca: cukrzycę i nadciśnienie tętnicze [31]. Cukrzyca jest jednym z ważniejszych czynników ryzyka sercowo-naczyniowego [3]. Kobiety z chorobą niedokrwinną serca i nietolerancją węglowodanów są bardziej obciążone czynnikami ryzyka sercowo-naczyniowego w porównaniu do mężczyzn, rzadziej uczestniczą w rehabilitacji kardiologicznej, są mniej aktywne fizycznie i rzadziej osiągają satysfakcjonujący poziom kontroli czynników ryzyka [32].

Tymczasem okazuje się, że skuteczne może być nawet wykonywanie ćwiczeń o niskiej intensywności. Przykładem jest codzienne bieganie przez 5-10 minut, które znacznie wydłuża życie, między innymi poprzez poprawę funkcji układu sercowo-naczyniowego [4]. W grupie dorosłych niepodjęających aktywności fizycznej, ci z cukrzycą mieli wyższe ryzyko śmierci z powodów sercowo-naczyniowych, niż ci bez cukrzycy. Dodatkowo pacjenci z cukrzycą, którzy podejmowali lekką aktywność fizyczną, co najmniej 3 godziny w tygodniu mieli mniejsze ryzyko śmiertelności sercowo-naczyniowej, niż ci, którzy byli nieaktywni. Według badań obejmujących ponad 65000 pacjentów leczonych na cukrzycę typu drugiego występuje zależność pomiędzy aktywnością fizyczną, kontrolą glikemii, a profilem ryzyka sercowo-naczyniowego. Zarówno

w grupie 20-59 jak i 60-80 lat trzy wskaźniki ryzyka sercowo-naczyniowego (BMI, HbA1c i triglicerydy) były mniejsze w najbardziej aktywnych grupach [5]. Aktywność fizyczna jest związana z redukcją śmiertelności z przyczyn sercowo-naczyniowych u pacjentów z cukrzycą typu drugiego. Taki efekt można osiągnąć nawet, jeśli stosuje się wyłącznie mało kosztowne materiały do ćwiczeń [6].

Ważną grupą pacjentów są również pacjenci z reumatoidalnym zapaleniem stawów. Osoby te mają większe ryzyko wystąpienia choroby sercowo-naczyniowej, wynikające z faktu występowania uogólnionych stanów zapalnych spowodowanych tą chorobą. Toczący się przewlekły stan zapalny nasila progresję płytki miażdżycowej w naczyniach. Poza tym osoby te zazwyczaj mają mniejszą sprawność fizyczną, co sprzyja chorobom sercowo-naczyniowym. Pacjenci chorzy na RZS mogliby czerpać korzyści z programu rehabilitacji kardiologicznej. Niestety standardowa opieka zdrowotna nie kieruje takich pacjentów do programu rehabilitacji kardiologicznej, chociaż wykazano, że aktywność fizyczna zmniejsza ryzyko sercowo-naczyniowe również w tej grupie pacjentów. Wydaje się, że warto połączyć obecny program standardowej opieki zdrowotnej dla reumatoidalnego zapalenia stawów z ćwiczeniami aerobowymi [7].

### Stres a choroba niedokrwienność serca

Przewlekły stres, występujący np. w czasie trwania pandemii Covid-19, może powodować rozregulowanie autonomicznego układu nerwowego przez trwałą aktywację układu sympatycznego i redukcję aktywności układu parasympatycznego. Wykazano, że zmiany te mogą zwiększać ryzyko arytmii, agregacji płytek krwi, ostrych zespołów wieńcowych i niewydolności serca. Trening wytrzymałościowy powoduje redukcję reaktywności organizmu na stresujące sytuacje, co można zmierzyć przez oznaczenie poziomu kortyzolu i zmienności tętna. Wykazano, że regularna aktywność fizyczna może mieć znaczenie ochronne przed stresem i powiązаныmi z nim zaburzeniami [33]. Psychologiczne czynniki ryzyka, takie jak wyczerpanie, lęk i objawy depresji, mogą wpływać na rozwój choroby tętnic wieńcowych poprzez powiązane reakcje fizjologiczne i niezdrowe zachowania, które mogą powodować zaburzenia kliniczne, w tym zagrażające życiu arytmie komorowe, niedokrwienie mięśnia sercowego i zwiększone ryzyko zakrzepicy. Choroba tętnic wieńcowych może również powodować objawy takie jak depresja, lęk i syndrom wypalenia zawodowego [3]. Rogers i współautorzy wykazali, że ćwiczenia fizyczne powodują redukcję ciśnienia spoczynkowego krwi i osłabiają reakcję na stres u osób z nadciśnieniem tętniczym [34]. Według wytycznych Amerykańskiego Uniwersytetu Medycyny Sportu 150 min w tygodniu umiarkowanej aktywności fizycznej lub 75 min w tygodniu intensywnej aktywności fizycznej lub kombinacja obu powinny być wystarczające, by poprawiać zdrowie fizyczne i psychiczne, włączając w to efekt redukcji stresu [33].

### Recepta na ćwiczenia

Chociaż we wszystkich rekomendacjach podkreślana jest rola aktywności fizycznej, większość z nich zaleca

30-60 minut umiarkowanej aktywności fizycznej przez większość dni w tygodniu. Według badań korzystna jest nawet nieregularna aktywność fizyczna [35]. Wpływ nawet krótkich treningów, w których aktywność fizyczna osiąga minimalny próg wydolności funkcjonalnej wydaje się stanowić bodziec do poprawy wydolności fizycznej pacjenta [33]. Ćwiczenia kardio są podstawowym rodzajem ćwiczeń w profilaktyce chorób układu krążenia. Ćwiczenia należące do rodzaju kardio opisywane są przy pomocy 5 elementów: tryb, intensywność, czas trwania, częstotliwość i progresja. Do ich przeprowadzenia można wykorzystać specjalne urządzenia takie, jak rowery czy orbitreki, ale nie jest to konieczne – można po prostu spacerować, czy też uprawiać jogging albo taniec aerobowy [36]. Wykazano, że nadzorowane ćwiczenia aerobowe, 2-3 razy w tygodniu połączone z redukcją masy ciała, miały korzystny wpływ na profil lipidowy i wrażliwość na insulinę. Były to nadzorowane ćwiczenia aerobowe, takie jak chodzenie, jeżdżenie na rowerze lub pływanie. Mało intensywne ćwiczenia fizyczne nie mają wpływu na obniżenie osoczowego poziomu LDL, ale ich efekt nie może być pominięty, ponieważ aktywność fizyczna jest związana z innymi wskaźnikami zdrowia takimi, jak ogólna sprawność, zwiększenie maksymalnej konsumpcji tlenu, obniżenie ciśnienia krwi [37]. W grupie pacjentów z chorobą niedokrwienną serca ma również zastosowanie trening oporowy. W połączeniu z wysiłkiem tlenowym zwiększa insulinowrażliwość, poprawia gospodarkę tłuszczową i redukuje ciśnienie tętnicze [20].

Wydaje się, że najlepsze dla pacjentów jest przechodzenie od treningów o niskiej intensywności do treningów o umiarkowanej intensywności. Intensywne ćwiczenia treningowe u człowieka, który prowadzi siedzący tryb życia wywołują raczej niekorzystną reakcję organizmu, np. przez powstawanie stanu zapalnego spowodowanego wzrostem wydzielania cytokin [4]. Również ważne jest pamiętanie o podstawowych zasadach, na których opiera się rehabilitacja kardiologiczna, jak unikanie przez pacjentów nadmiernego skurczu w czasie ćwiczeń izometrycznych, ponieważ może to doprowadzić do silnego niekorzystnego wzrostu ciśnienia krwi [36].

Przed rozpoczęciem rehabilitacji kardiologicznej warto przeprowadzić test na intensywność ćwiczeń. Piętnastopunktowa skala zwana subiektywną oceną ciężkości wysiłku (skala RPE) pozwala w sposób obiektywny zmierzyć rezerwę tętna i pułap tlenowy. Na początku programu rehabilitacji zaleca się wysiłek fizyczny mieszczący się w granicach od 11 do 13 punktów tej skali. Później można go zwiększać wraz z poprawą stanu zdrowia pacjenta. Niestety, nie u wszystkich pacjentów możliwe jest osiągnięcie zadowalającej poprawy. Przy planowaniu powrotu do zdrowia warto pamiętać o badaniach przeprowadzonych przez Hambrechta. Według Hambrechta, aby zwiększyć prawdopodobieństwo cofnięcia się zmian wywołanych chorobą niedokrwienną serca pacjenci powinni wykazywać się taką aktywnością fizyczną, która powoduje zużycie energii na poziomie większym niż 2200 kcal w ciągu tygodnia. Z kolei aktywność fizyczna, która pozwala na wykorzystanie energii w wysokości 1500 kcal w ciągu tygodnia może pozwolić na utrzymanie stanu, w którym pacjent znajduje się obecnie. Okazuje się, że jeden trening w ramach rehabilitacji

kardiologicznej pozwala na zużycie około 300 kcal energii, a w ciągu tygodnia pacjent chodzi na taki trening 3 razy. Można policzyć, że w ten sposób pacjent zużywa około 900 kcal energii w tygodniu. Oznacza to, że rehabilitacja kardiologiczna nie zapewnia wystarczającej aktywności fizycznej dla pacjentów z chorobą niedokrwienną serca. W związku z tym osoby z chorobą niedokrwienną serca powinny być aktywne fizycznie również w życiu codziennym [10]. Przeprowadzono badanie, w którym wykazano, że osoby, które zamiast jeździć do pracy przemieszczały się wykorzystując własne siły (np. spacer) miały mniejsze ryzyko wystąpienia choroby sercowo-naczyniowej o 11% i mniejsze ryzyko wystąpienia śmierci z powodu choroby sercowo-naczyniowej o 30% [38].

Wykazano, że grupa pacjentów wykonujących aktywność fizyczną w formie powyżej 7000 kroków dziennie przez 8 miesięcy miała podwyższone stężenie HDL i niższe stężenie interleukiny 6 w porównaniu do grupy, nieprzekraczającej 7000 kroków dziennie. Mniejsze stężenie interleukiny 6 przekładało się na zwiększoną tolerancję na wysiłek fizyczny. Ponadto pacjenci ci byli mniej narażeni na wzrost ich blaszki miażdżycowej [39]. Według badań nawet niewielka aktywność fizyczna zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia poważnych niepożądanych zdarzeń sercowo-naczyniowych. W związku z tym warto zadbać o to, aby pacjenci z chorobą niedokrwienną serca byli zmotywowani do podejmowania codziennej aktywności i regularnego korzystania z rehabilitacji kardiologicznej [37]. Poprawa stanu zdrowia pacjentów, może czasem sprawiać, że są oni przekonani o wyleczeniu z choroby krążenia i wracają do niepoprawnego stylu życia. Aby temu zapobiec, należy zawsze wdrażać kompleksową rehabilitację kardiologiczną, która będzie akceptowana przez chorego i jego otoczenie [20]. Według przeanalizowanych badań można stwierdzić, że właściwie dozowana aktywność fizyczna znacząco zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia choroby niedokrwienną serca, a w razie jej wystąpienia zmniejsza ryzyko śmierci z przyczyn sercowo-naczyniowych.

## Literatura

- [1] Afjeh – Dana E, Naserzadeh P, Moradi E, et al. Stem Cell differentiation into Cardiomyocytes: Current Methods and Emerging Approaches. *Stem Cell Rev Rep.* 2022;18(8):2566-92.
- [2] Virani S, Alonso A, Aparicio H, et al. Heart Disease and Stroke Statistics – 2021 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation.* 2021;143(8):254-743.
- [3] Aydın F, Akşit E, Yıldırım Ö, et al. Assessment of secondary prevention awareness among patients with coronary artery disease: A survey including patients from 3 centers. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2021;49(7):556-72.
- [4] Raimondo D, Miceli G, Musiari G, et al. New insights about the putative role of myokines in the context of cardiac rehabilitation and secondary cardiovascular prevention. *Ann Transl Med.* 2017;5(15):1-14.
- [5] McCarthy M, Wackers F, Davey J, et al. Physical inactivity and cardiac events: An analysis of the Detection of Ischemia in Asymptomatic Diabetics (DIAD) study. *J Clin Transl Endocrinol.* 2017;9:8-14.
- [6] Mendes R, Sousa N, Reis V, et al. Implementing Low-Cost, Community-Based Exercise Programs for Middle-Aged and Older Patients with Type 2 Diabetes: What Are the Benefits for Glycemic Control and Cardiovascular Risk? *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(9):1- 12.

- [7] Hörnberg K, Sundström B, Innala L, et al. Aerobic capacity over 16 years in patients with rheumatoid arthritis: Relationship to disease activity and risk factors for cardiovascular disease. *PLoS One*. 2017;12(12):1-16.
- [8] Ferentinos P, Tsakirides C, Swainson M, et al. The impact of different forms of exercise on circulating endothelial progenitor cells in cardiovascular and metabolic disease. *Eur J Appl Physiol*. 2022;122(4):815-60.
- [9] Chang E, Paterno J, Duscher D, et al. Exercise Induces SDF-1 Mediated Release of Endothelial Progenitor Cells with Increased Vasculogenic Function. *Plast Reconstr Surg*. 2015;135(2):1-18.
- [10] Hambrecht R, Niebauer J, Marburger C, et al. Various Intensities of Leisure Time Physical Activity in Patients With Coronary Artery Disease: Effects on Cardiorespiratory Fitness and Progression of Coronary Atherosclerotic Lesions. *J Am Coll Cardiol*. 1993;22(2):468-77.
- [11] Sakellariou X, Papafaklis M, Domouzoglou E, et al. Exercise-mediated adaptations in vascular function and structure: Beneficial effects in coronary artery disease. *World J Cardiol*. 2021;13(9):399-416.
- [12] Eckstein R. Effect of Exercise and Coronary Artery Narrowing on Coronary Collateral Circulation. *Circ Res*. 1957;5(3):230-5.
- [13] Wang J, Li Y, Chen J, et al. Effects of exercise training and deconditioning on platelet aggregation induced by alternating shear stress in men. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2005;25(2):454-60.
- [14] Zbinden R, Zbinden S, Meier P, et al. Coronary collateral flow in response to endurance exercise training. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2007;14(2):250-7.
- [15] Zbinden R, Zbinden S, Windecker S, et al. Direct demonstration of coronary collateral growth by physical endurance exercise in a healthy marathon runner. *Heart*. 2004;90(11):1350-1.
- [16] Ornish D, Brown S, Scherwitz L, et al. Can lifestyle changes reverse coronary heart disease? The Lifestyle Heart Trial. *Lancet*. 1990;336(8708):128-33.
- [17] Elkouf R, Aldaas O, Batiste C, et al. Lifestyle Interventions and Carotid Plaque Burden: A Comparative Analysis of Two Lifestyle Intervention Programs in Patients with Coronary Artery Disease. *Perm J*. 2019;23:1-7.
- [18] Sandri M, Adams V, Gielen S, et al. Effects of Exercise and Ischemia on Mobilization and Functional Activation of Blood-Derived Progenitor Cells in Patients With Ischemic Syndromes. Results of 3 Randomized Studies. *Circulation*. 2005;111(25):3391-9.
- [19] Wojtyniak B, Goryński P. Sytuacja zdrowotna ludności Polski i jej uwarunkowania 2022. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH – Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa 2022:1-638. URL:<https://www.pzh.gov.pl/raport-sytuacja-zdrowotna-ludnosci-polski-i-jejuwarunkowania/> [data dostępu: 05.03.2023].
- [20] Drygas W, Gajewska M, Zdrojewski T. Niedostateczny poziom aktywności fizycznej w Polsce jako zagrożenie i wyzwanie dla zdrowia publicznego. Raport Komitetu Zdrowia Publicznego Polskiej Akademii Nauk. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny. Warszawa 2021:1-377. URL:[https://gumed.edu.pl/attachment/attachment/75626/Monografia\\_aktywnosc\\_fizyczna.pdf](https://gumed.edu.pl/attachment/attachment/75626/Monografia_aktywnosc_fizyczna.pdf) [data dostępu: 05.03.2023].
- [21] Jegier A, Szalewska D, Mawlichanów A, et al. Comprehensive cardiac rehabilitation as the keystone in the secondary prevention of cardiovascular disease. Expert Opinion of the Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology Section of the Polish Cardiac Society. *Kardiologia Pol*. 2021;79(7-8):901-16.
- [22] Herring L, Dallosso H, Chatterjee S, et al. Physical Activity after Cardiac EventS (PACES) – a group education programme with subsequent text-message support designed to increase physical activity in individuals with diagnosed coronary heart disease: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2018;19(1):1-13.
- [23] Vasankari V, Halonen J, Vasankari T, et al. Physical activity and sedentary behaviour in secondary prevention of coronary artery disease: A review. *Am J Prev Cardiol*. 2021;5:1-8.
- [24] Gaudel P, Neupane S, Koivisto A, et al. Effects of a lifestyle-related risk factor modification intervention on lifestyle changes among patients with coronary artery disease in Nepal. *Patient Educ Couns*. 2021;104(6):1406-14.
- [25] Devasia T, Shetty P, Kareem H, et al. Manipal lifestyle modification score to predict major adverse cardiac events in postcoronary angioplasty patients. *Indian Heart J*. 2018;70(supl 3):353-8.
- [26] Batalik L, Dosbaba F, Hartman M, et al. Rationale and design of randomized controlled trial protocol of cardiovascular rehabilitation based on the use of telemedicine technology in the Czech Republic (CR-GPS). *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(37):1-6.
- [27] Santi R, Márquez M, Piskorz D, et al. Ambulatory Patients with Cardiometabolic Disease and Without Evidence of COVID-19 During the Pandemic. The CorCOVID LATAM Study. *Glob Heart*. 2021;16(1):1-12.
- [28] Brouwers R, Kraal J, Traa S, et al. Effects of cardiac telerehabilitation in patients with coronary artery disease using a personalized patientscentred web application: protocol for the SmartCare – CAD randomized controlled trial. *BMC Cardiovasc Disord*. 2017;17(1):1-11.
- [29] Batalik L, Dosbaba F, Hartman M, et al. Rationale and design of randomized controlled trial protocol of cardiovascular rehabilitation based on the use of telemedicine technology in the Czech Republic (CR-GPS). *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(37):1-6.
- [30] Batalik L, Dosbaba F, Hartman M, et al. Long term exercise effects after cardiac telerehabilitation in patients with coronary artery disease: 1-year follow-up results of the randomized study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2021;57(5):807-14.
- [31] Najafipour H, Afshari M, Rostamzadeh F. Prevalence of Multiple Coronary Artery Disease Risk Factors in Kerman: A Population – Based Study in Southeast Iran. *Iran J Med Sci*. 2018;43:140-9.
- [32] Ferrannini G, Bacquer D, Vynckier P, et al. Gender differences in screening for glucose perturbations, cardiovascular risk factor management and prognosis in patient with dysglycaemia and coronary artery disease: results from the ESC-EORP EUROASPIRE surveys. *Cardiovasc Diabetol*. 2021;20(1):1-12.
- [33] Franklin B, Rusia A, Haskin – Popp C, et al. Chronic Stress, Exercise and Cardiovascular Disease: Placing the Benefits and Risks of Physical Activity into Perspective. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(18):1-17.
- [34] Rogers M, Probst M, Gruber J, et al. Differential effects of exercise training intensity on blood pressure and cardiovascular responses to stress in borderline hypertensive humans. *J Hypertens*. 1996;14(11):1368-75.
- [35] Kozłowska I, Trzeciak P, Gąsior M. Changes in the diagnosis and non-invasive treatment of chronic coronary syndromes in the last three European Society of Cardiology guidelines. *Kardiologia i Torakochirurgia Pol*. 2021;18(2):105-10.
- [36] Brubaker P, Ross J, Joo K. Contemporary Approaches to Prescribing Exercise in Coronary Artery Disease Patients. *Am J Lifestyle Med*. 2016;12(2):130-9.
- [37] Albarrati A, Saleh M, Alghamdi M, et al. Effectiveness of Low to moderate Physical Exercise Training on the Level of Low – Density Lipoproteins: A Systematic Review. *Biomed Res Int*. 2018;2018:1-16.
- [38] Panter J, Mytton O, Sharp S, et al. Using alternatives to the car and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality. *Heart*. 2018;104(21):1749-55.
- [39] Nishitani M, Miyauchi K, Shimada K, et al. Impact of Physical Activity on Coronary Plaque Volume and Components in Acute Coronary Syndrome Patients After Early Phase II Cardiac Rehabilitation. *Circ J*. 2018;83(1):101-9.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Farmacja Polska”, 2023, 16, s. 36-42.

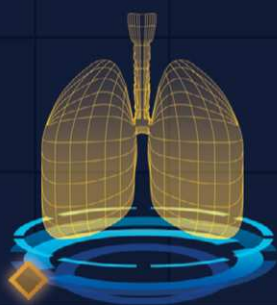
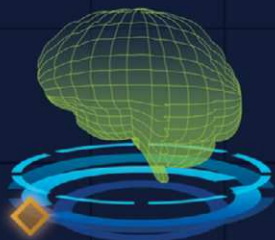
**Adam Hałaburda, Emilia Czapracka, Tomasz Wróblewski, mgr inż. Oliwia Bochniak**

Katedra i Zakład Fizjologii Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie



# ASPEL

**POLSKI PRODUCENT SPRZĘTU MEDYCZNEGO**



**Cykloergometr ASPEL CRG-601**

Urządzenie z listy

FEnIKS 6.1



[www.aspel.com.pl](http://www.aspel.com.pl)

APARATY EKG - HOLTERY EKG - HOLTERY CIŚNIENIA  
SYSTEMY WYSIŁKOWE - SYSTEMY REHABILITACJI - SPIROMETRIA - ERGOSPIROMETRIA

**ASPEL**

os. H. Sienkiewicza 33  
32-080 Zabierzów

[sprzedaz@aspel.com.pl](mailto:sprzedaz@aspel.com.pl)  
[www.aspel.com.pl](http://www.aspel.com.pl)

# Polska odstaje od Europy w kwestii przeżywalności po wyleczonym zawale – brakuje dostępu do rehabilitacji kardiologicznej

**R**ehabilitacja kardiologiczna jest dostępna w 39 z 44 (88,6%) krajów europejskich, co oznacza bardzo wysoki odsetek państw oferujących swoim obywatelom kompleksową opiekę po incydentach sercowo-naczyniowych. W Szwecji 90% wizyt odbywa się w ciągu 3 tygodni od wypisu ze szpitala i aż 75% pacjentów uczestniczy w rehabilitacji kardiologicznej. W Polsce niestety tylko 25% pacjentów korzysta z tej formy opieki medycznej. Eksperti kampanii „Akcja Kardioprotekcja” podkreślają, że pomimo iż polska kardiologia jest jedną z najlepszych w Europie, to w badaniu przeżywalności po incydentach sercowo-naczyniowych niestety tracimy znaczny odsetek pacjentów przez zbyt mały dostęp do kardiorehabilitacji. Podkreślają, że nadal brakuje nam kompleksowej opieki nad pacjentem i dlatego istotne jest zwiększenie liczby pacjentów rehabilitowanych kardiologicznie, a tym samym zwiększenie ich szans na przeżycie.

## Rehabilitacja kardiologiczna w Szwecji

W Szwecji programy rehabilitacji kardiologicznej charakteryzują się długim okresem jej trwania – od 2 do 14 miesięcy. Po wypisie ze szpitala każdy pacjent ma zagwarantowaną indywidualną wizytę u pielęgniarki, a 90% z tych wizyt odbywa się w ciągu 3 tygodni od wypisu. Większość programów proponuje treningi wysiłkowe oraz gru-

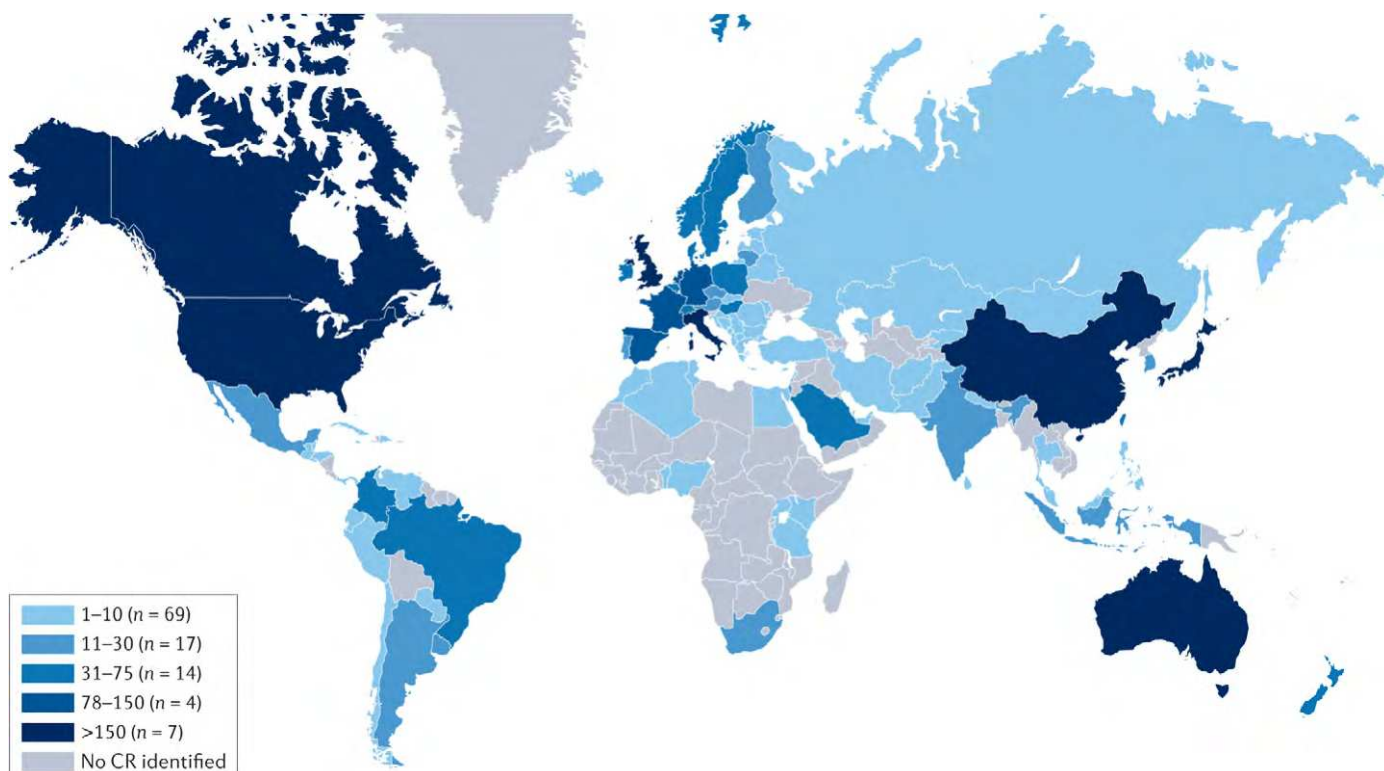
powe sesje edukacyjne. Wszystkie programy przekazują swoje dane do krajowego rejestru SWEDEHEART. 60% z nich regularnie analizuje wyniki z tego audytu, co pomaga w podnoszeniu jakości opieki. Niemal wszystkie programy, bo aż 96%, dysponują zespołem składającym się z kardiologa, fizjoterapeuty i pielęgniarki, a 76% z nich ma również dyrektora medycznego.

– Udział pacjentów w rehabilitacji kardiologicznej jest wyjątkowo wysoki w porównaniu z innymi krajami Europy – uczestniczy w niej 75% wszystkich pacjentów po zawale serca w wieku powyżej 80 lat. Ogólna jakość tego typu programów oferowanych w Szwecji jest bardzo wysoka i powinna być przykładem dla krajów, które oferują mniejszy dostęp do rehabilitacji kardiologicznej – podkreśla prof. Piotr Jankowski, ekspert kampanii „Akcja Kardioprotekcja”.

## Rehabilitacja kardiologiczna w Polsce

W Polsce kompleksową rehabilitację kardiologiczną przechodzi jedynie 25% pacjentów, a jedną z przyczyn jest brak wiedzy pacjentów o tym, że rehabilitacja kardiologiczna powinna być formą leczenia wdrożoną jak najszybciej po przebytych incydencie sercowo-naczyniowym.

Jak podkreśla prof. dr hab. n. med. Ryszard Piotrowicz, ekspert kampanii „Akcja Kardioprotekcja”: – W Polsce odnotowywana jest bardzo dobra reakcja na ostry incydent



Liczba dostępnych programów rehabilitacji kardiologicznej w poszczególnych państwach na świecie



Foto: Freepik

wieńcowy, taki jak zawał serca, a efekty leczenia tego typu przypadków osiągają światowy poziom. Niemniej jednak obserwacja pacjentów po zdarzeniach – ich jakość życia oraz wskaźniki śmiertelności – wykazuje, że spadamy na ostatnie miejsca w rankingach europejskich. Głównymi przyczynami tego stanu rzeczy są brak rozpoczęcia rehabilitacji kardiologicznej w odpowiednim momencie oraz niedostatecznie zorganizowana opieka nad pacjentem.

Z danych CDC wynika, że osoby, które uczęszczają na 36 sesji z zakresu rehabilitacji kardiologicznej, mają o 47% niższe ryzyko śmierci i o 31% mniejsze ryzyko ponownego zawału serca niż osoby, które biorą udział tylko w 1 sesji.

### Ścieżka pacjenta po incydencie sercowo-naczyniowym

Pacjent kardiologiczny, który przeszedł incydent sercowo-naczyniowy, może uzyskać skierowanie na rehabilitację w ramach Narodowego Funduszu Zdrowia wystawione przez lekarza: z Oddziału Kardiologicznego, Kardiologicznego, Chorób Wewnętrznych, Poradni Kardiologicznej lub z Poradni Rehabilitacyjnej mającej umowę z NFZ. Rehabilitacja kardiologiczna może być realizowana w formie stacjonarnej, ambulatoryjnej lub jako telerehabilitacja hybrydowa, która składa się z dwóch etapów (po tygodniowym pobycie w szpitalu lub na oddziale dziennej opieki pacjent może przejść na korzystanie zdalne).

Bardzo ważne jest, aby nie zwlekać z decyzją i traktować rehabilitację jako dalszy etap leczenia po przebytych zawałach. Przynosi ona korzystne efekty, na czele których znajduje się m.in. modyfikacja czynników ryzyka rozwoju miażdżycy i jej powikłań (zawał serca, udar mózgu). – Rehabilitacja powinna się rozpocząć nie później niż w ciągu 30 dni po wypisie ze szpitala, w przypadku niepowikłanej angioplastyki lub zawału, nie później niż do 56 dni – dodaje prof. Piotrowicz.

Pojawiają się również sytuacje, w których lekarz wypisuje skierowanie pacjentowi do programu rehabilitacji, ale pacjent nie jest do niego przekonany lub nie posiada wystarczającej wiedzy, jak ważna jest kontynuacja leczenia po incydentach sercowo-naczyniowych.

Naprzeciw problemowi wychodzi kampania społeczno-edukacyjna „Akcja Kardioprotekcja”, która oferuje pakiet informacji na temat kompleksowej rehabilitacji kardiologicznej. Jest ona szczegółowo opisana na stronie internetowej kampanii [www.kardioprotekcja.pl](http://www.kardioprotekcja.pl). Dodatkowo udostępniona została „Ścieżka Pacjenta” – przewodnik po rehabilitacji kardiologicznej, która zawiera interaktywną mapę ośrodków rehabilitacyjnych oraz szczegółowe instrukcje postępowania dla pacjentów po przebytych incydentach sercowo-naczyniowych.

Ogólnopolska kampania „Akcja Kardioprotekcja” ma na celu poprawę świadomości dotyczącej prewencji chorób sercowo-naczyniowych. Działania edukacyjne obejmują upowszechnianie wiedzy na temat stosowania kardioprotekcji oraz rehabilitacji kardioprotekcyjnej w społeczeństwie, jako skutecznego zapobiegania chorobom sercowo-naczyniowym. Dane GUS z 2020 wskazywały, że choroby układu krążenia w Polsce przewodzą stawkę przyczyn umieralności, wyprzedzając choroby nowotworowe i choroby układu oddechowego. W 2019 r. łącznie odpowiadały one za 73 proc. wszystkich zgonów. W skład Rady Ekspertów kampanii wchodzi: prof. dr hab. n. med. Piotr Jankowski oraz prof. dr hab. n. med. Ryszard Piotrowicz.

Inicjatorem kampanii jest Zentiva, właściciel leku Polocard.

**Biuro Prasowe kampanii „Akcja Kardioprotekcja”**



**MEDIPMENT.PL**

MEDICAL EQUIPMENT

# BAZA SPRZĘTU MEDYCZNEGO

**Ponad 150 000 sprzętów** w bazie danych  
z branży medycznej i laboratoryjnej

**Ponad 600 dystrybutorów**  
z rynku medycznego i laboratoryjnego

Łatwy dobór sprzętu, porównywanie  
parametrów oraz pozyskiwanie ofert

**Bezpłatne szkolenia personelu**  
placówek medycznych  
z zakresu obsługi portalu [medipment.pl](http://medipment.pl)

✉ [medipment@amdg.net.pl](mailto:medipment@amdg.net.pl)

☎ 663 263 423

📘 [facebook.com/medipment](https://facebook.com/medipment)



**MEDIPMENT.PL**

MEDICAL EQUIPMENT

# Regeneracja serca w ujęciu molekularnym nadzieją na terapię przyszłości

Adam Hałaburda, Eliza Cielica, Oliwia Bochniak

Zawały serca (MI) to powód hospitalizacji rocznie około 100 tysięcy chorych w Polsce i 800 tysięcy chorych w Stanach Zjednoczonych. Patologiczny proces uszkodzenia mięśnia sercowego, w konsekwencji MI obejmuje trzy główne fazy: reakcję zapalną, tworzenie się ziarniny i zwłóknienie. MI skutkuje niewydolnością serca u wielu pacjentów, którzy przeżyli zawał. Chcąc poprawić ich rokowanie, od wielu lat prowadzone są rozmaite badania nad możliwościami regeneracyjnymi serca po zawałe. MI powoduje utratę setek milionów kardiomiocytów oraz innych komórek serca w procesie apoptozy. Istnieją doniesienia, że modyfikacja ekspresji niektórych genów umożliwi ponowne wejście w cykl komórkowy miocytów lub hamuje zapalenie w ognisku zawału. Rozwijane są stale nowe różnorodne metody dostarczania związków modyfikujących ekspresję tych genów lub innych substancji, mających wspomóc regenerację tkanki, która uległa uszkodzeniu. Coraz nowsze doniesienia dają w przyszłości nadzieję na skuteczną terapię zmniejszającą włóknienie serca i pozwalającą na odbudowanie puli zniszczonych w MI kardiomiocytów [1].

## Nowe doniesienia o patofizjologii zawału

Niektóre badania prowadzone *in vitro* oraz *in vivo* sugerują, że neutrofile migrujące do serca po zawałe mogą oddziaływać cytotoksycznie na żywe kardiomiocyty, przedłużając uszkodzenie niedokrwienne [2]. Z kolei badania przeprowadzone na gatunku ryby, jakim jest danio pręgowany i myszach, odkryły niepoznaną wcześniej rolę makrofagów. Okazało się, że w procesie włóknienia serca po zawałe są zaangażowane nie tylko miofibroblasty, ale również makro-

fagi, które bezpośrednio dostarczają kolagen do tworzącej się blizny pozawałowej [3].

## Mechanizmy regeneracyjne zachodzące w jądrach kardiomiocytów

Kardiomiocyty, tak jak większość komórek w organizmie człowieka, posiadają jądra komórkowe. Jądra te zawierają materiał genetyczny, który reguluje ich funkcjonowanie.

Aby jednak jądro komórkowe mogło właściwie odpowiadać na różnorodne zjawiska, które zachodzą w komórce, potrzebny jest stały kontakt pomiędzy jądrem a komórką. Kontakt ten jest możliwy dzięki tak zwanym kompleksom porów jądrowych. Okazuje się, że odgrywają one znaczącą rolę również w procesie regeneracji serca. Jest tak, ponieważ przez nukleoporyny wchodzą cząsteczki transdukcji sygnału do jądra komórkowego. Regulują one ekspresję genów [4]. Wraz z wiekiem ilość nukleoporyn zmniejsza się [5]. Prowadzi to nieuchronnie do zmniejszonej ekspresji genów, w tym genów odpowiedzialnych za proliferację kardiomiocytów i regenerację serca. Z drugiej jednak strony mniejsza podatność na czynniki transdukcji chroni serce przed niekorzystną przebudową [4].

Z badań wynika, że ważną rolę w działaniu jądra komórkowego kardiomiocytu odgrywa lamina B2, kodowana przez gen *Lmnb2* [4]. Prowadzono badania, w których stwierdzono, że laminy są niezbędne dla wbudowywania jądrowych kompleksów porów w błonę jądra komórkowego oraz ich utrzymania w tej błonie. Dzieje się to za przyczyną bezpośrednich interakcji pomiędzy jądroowymi kompleksami porów a laminami [6]. Wykazano, że inaktywacja genu *Lmnb2* powoduje zahamowanie proliferacji kardiomiocytów i stymuluje powstawanie poliploidalnych jąder komórko-

**Regeneracja serca to temat, który niesie ze sobą nadzieję na poprawę życia milionów ludzi na całym świecie. W Stanach Zjednoczonych, co roku 800 000 kobiet i mężczyzn jest hospitalizowanych z powodu ostrego zawału serca.**

**Kiedy już dokona się martwica mięśnia sercowego współczesna medycyna nie ma standaryzowanych metod, które pozwoliłyby wyleczyć takiego pacjenta poprzez całkowitą regenerację tego narządu. Są jednak prowadzone liczne badania, które mogą w przyszłości okazać się kluczem do nowoczesnej terapii. W tej pracy starano się nakreślić procesy molekularne zachodzące w sercu, a mogące być punktem uchwytu nowoczesnych strategii leczniczych. Podano również przykłady badań nad niektórymi potencjalnymi strategiami przyszłości, opierającymi się na rozumieniu tych procesów.**



wych, hamując w ten sposób zdolności regeneracyjne serca. Dzieje się tak, ponieważ zmniejszenie ekspresji laminy B2 prowadzi do zmniejszenia liczby jądrowych kompleksów porów w jądrach komórkowych kardiomiocytów [4].

Co ciekawe, w organizmie człowieka korelacja pomiędzy liczbą kompleksów porów jądrowych a aktywnością proliferacyjną występuje nie tylko w sercu, ale również w wątrobie, mózgu i komórkach raka [6]. Przykładem roli jaką odgrywają laminy w sercu, jest przypadek pewnego pacjenta z kardiomiopatią rozstrzeniową. Przeprowadzono na nim badania genetyczne w których stwierdzono, że ma on mutację w genie LMNA kodującym laminę. W wyniku takiej mutacji zazwyczaj dochodzi do powstania dość agresywnej formy tej choroby [7].

Istnieje wiele czynników, które mogą mieć wpływ na regenerację serca, a w tej pracy opisano kilka z nich. Należałoby także podkreślić, że w kardiomiocytach dochodzi do skomplikowanej współpracy pomiędzy różnymi drogami sygnałowymi. Ważną kwestią w tym temacie jest fakt, że tworzą one swoiste węzły komunikacyjne. Takim węzłem biorącym udział w naprawie serca po zawale jest węzeł mTOR – PI3K/Akt/mTOR – CHK1/mTORC1/P70S6K [8].

### Rodzaje komórek a regeneracja serca

Są trzy główne rodzaje komórek, które można by wykorzystać do regeneracji serca. Należą do nich: ludzkie embrionalne komórki macierzyste (hESC), komórki powstałe z proliferacji wcześniej istniejących kardiomiocytów oraz miocyty sercopodobne (iCLMs) powstałe z fibroblastów [8].

Komórki hESC mogą zostać wykorzystane do stworzenia komórek nasierdza serca. Badano szczury po zawale serca, kiedy przeszczepiano im kardiomiocyty oraz komórki nasierdza pochodzące z ludzkich embrionalnych komórek macierzystych, odnotowano wówczas znaczącą poprawę funkcji skurczowej serca [9].

Do regeneracji serca można też wykorzystać proces przeprogramowywania ludzkich skórnych fibroblastów w iCLMs. Okazuje się, że w tym procesie ważną rolę odgrywa

odpowiedni poziom czynnika transkrypcji zwanego GATA 4 [10]. Wykazano, że nadekspresja sercowych czynników transkrypcji, włączając w to Mef2C/Gata4/Tbx5/Hand2 (MGTH) może bezpośrednio przeprogramować sercowe fibroblasty w indukowane kardiomiocyty i poprawić w ten sposób funkcję serca po przejściu ostrego zawału serca [11].

Badano ludzkie indukowane pluripotentne komórki macierzyste hodowane w atmosferze zawierającej 5% tlenu. Komórki te syntetyzowały pęcherzyki zewnątrzkomórkowe, które hamowały włóknienie mięśnia sercowego u myszy. Zawierały one miRNA zwane miR302b-3p, które zmniejszały poziom białka SMAD2 odpowiedzialnego za włóknienie [12].

Niektórzy badacze donoszą o możliwości tworzenia nowych kardiomiocytów w sercu na drodze podziału wcześniej istniejących dojrzałych kardiomiocytów poprzez działanie pewnych czynników. Poznanie tych czynników kontrolnych jest niezbędne do potencjalnego przyszłego wykorzystania ich w medycynie regeneracyjnej serca poprzez wprowadzenie wcześniej powstałych kardiomiocytów ponownie w cykl komórkowy (szlak Hippo, Notch, Wnt/ $\beta$ -katenina) [13]. Trwają prace nad wirusowymi wektorami lub zmodyfikowanym RNA, które mogłyby brać udział w ukierunkowaniu kardiomiocytów na proliferację zapewniającą regenerację serca [14].

### Drogi sygnałowe i ligandy stymulujące proliferację kardiomiocytów oraz regenerację serca

#### Kinaza punktu kontrolnego 1 (CHK1)

Działanie kinazy punktu kontrolnego było badane u myszy. Wykazano, że u dorosłych myszy z zawałem mięśnia sercowego nadekspresja CHK1 w strefie graniczącej z zawałem zwiększała aktywność szlaku ssaczego celu rapamycyny C1/ rybosomalnej kinazy białkowej S6 b-1. W ten sposób dochodziło do aktywacji proliferacji kardiomiocytów i poprawy funkcji serca. Te doniesienia mogą być nowym punktem do badań dla terapii przyszłości [15].

**Nukleoporyna 107 (Nup107)**

Nup107 wspomaga jądrowy eksport Scn5a mRNA oraz selektywnie zwiększa ekspresję białka Nav1.5 w kardiomiocytach. Białko to odgrywa ważną rolę w działaniu układu bodźco-przewodzącego serca. Stąd przypuszcza się, że Nup107 może brać udział w łagodzeniu uszkodzeń, jakich doznaje serce podczas niedokrwienia [16].

**ERK, czyli kinaza regulowana sygnałem pozakomórkowym**

ERK jest jedną z sercowych kinaz biorących udział w regulacji odpowiedzi kardiomiocytów na stres. Należy do kinaz białkowych aktywowanych mitogenami (MAPK). Szeroko zakrojone badania ujawniły krytyczną rolę aktywowanych MAPK w procesach uszkodzenia serca, arytmii serca, niewydolności serca i innych chorób sercowo-naczyniowych [17]. Aktywacja szlaku ERK jest zaangażowana w przerost mięśnia sercowego – zarówno adaptacyjny, jak i nieadaptacyjny. Na ostateczny wynik działania ERK wpływają: czas trwania, intensywność, częstotliwość i cytoplazmatyczna lub jądrowa lokalizacja aktywowanej ERK [18].

**mTOR, czyli kinaza będąca ssaczym punktem uchwytu dla rapamycyny**

Wykazano, że podczas niedokrwienia mięśnia sercowego mTORC1 (kinaza będąca ssaczym punktem uchwytu dla rapamycyny) ulegał nadmiernej ekspresji u tych myszy, które nie miały LAPTM4B (transbłonowe białko 4b związane z lizosomami). Skutek był taki, że zachodziła represja TFEB (czynnika transkrypcyjnego EB), który jest głównym regulatorem genów lizosomalnych i autofagicznych podczas niedokrwienia mięśnia sercowego. U takich myszy ograniczone były procesy kardioprotekcyjne [19].

**TGF beta**

W tym badaniu, testowano danio pręgowane. Wykazano, że TGF beta indukuje i koordynuje tworzenie przejściowej sieci kolagenowej, która składa się z kolagenu I i kolagenu XII. Oba typy przyczyniają się do powstania macierzy naprawczej serca [20].

**ErbB2 i Notch**

Testowano mitogen caErbB2, który jest zmutowaną formą ludzkiego genu ErbB2 przenoszoną przez lentiwirusy. Okazało się, że ten mitogen indukował proliferację kardiomiocytów przez stymulację aktywności ERKs (kinaz regulowanych sygnałem zewnątrzkomórkowym). Prowadziło to również do zmniejszenia ilości sarkomerów oraz przebudowy struktury i funkcji tkanki serca. Te badania wskazują na ważną rolę ErbB2 w potencjalnej strategii regeneracyjnej dla serca [21].

Aktywacja sygnalizacji Notch we wsierdziu inicjuje aktywację sygnalizacji ErbB2 i BMP w mięśniu sercowym. Są to drogi sygnalizacyjne, które prowadzą do przeprogramowania i proliferacji. Wykazano również w badaniach na myszach, że nadekspresja ligandu Notch o nazwie Jagged1 prowadzi do zmniejszenia liczby fibroblastów i zwiększenia sercowych komórek prekursorowych [22].

**Neuregulina 1 (Nrg1)**

W badaniach gatunku ryb, jakim jest danio pręgowane, okazało się, że Nrg1 ma mitogeny wpływ na dojrzałe kardiomiocyty. Dodatkowo dowiedziono, że Nrg1 wpływa na zwiększenie ekspresji dodatkowych czynników mitogeny, regulację macierzy zewnątrzkomórkowej i wzrost przepływu naczyniowego [23]. Co ciekawe, makrofagi podobne do makrofagów m2, są źródłem Nrg1 w środowisku zawałowym w sercu myszy. Nrg1 powoduje proliferację fibroblastów serca *in vitro* [24].

**Czynnik wzrostu fibroblastów 1 (FGF1)**

FGF1 może stymulować ekspresję TWEAK (słaby induktor apoptozy podobny do czynnika martwicy nowotworu) w neonatalnych kardiomiocytach, umożliwiając tym komórkom ponowne wejście w cykl komórkowy. Ponowne wejście w cykl komórkowy przypuszczalnie ma miejsce za pośrednictwem szlaku PI3K/Akt [25]. Zaobserwowane potencjalne korzyści płynące ze stymulacji FGF1 są wykorzystywane jako potencjalna przyszła metoda terapeutyczna pacjentów po MI [26].

**Wnt**

Doniesienia wskazują, że podtyp białek Wnt, Wnt-5a, który ulega ekspresji wyłącznie w kardiomiocytach wzbudza wydzielanie cytokin prozapalnych przez komórki jednojądrzaste krwi obwodowej (PBMC). Autorzy donoszą, że inhibicja Wnt może pozytywnie wpływać na kardiomiocyty dotknięte MI przez zmniejszenie apoptozy kardiomiocytów, zwiększenie angiogenezy, hamowanie zwłóknienia i stymulację regeneracji serca [27].

**Rola białka podobnego do agiopoetyny (ANGPTL4) w hamowaniu stanu zapalnego**

ANGPTL4 bierze udział w odpowiedzi pro- i antyzapalnej, a efekt jego ekspresji różni się w zależności od komórki, której dotyczy. Komórki macierzyste serca będące w środowisku ostrego zawału (AMI) pod wpływem hipoksji zwiększają ekspresję ANGPTL4, które poprzez modyfikację ekspresji genów w makrofagach (Arg1, CD206, IL-10, iNOS, IL-6, IL-1 $\beta$  i MCP-1) działa przeciwzapalnie. ANGPTL4 pośredniczy w kardioprotekcji podczas AMI, celując w zjawisko *no-reflow* [28].

**Formy dostarczania leków do ogniska zawału**

Rodzaj zastosowanego leczenia będzie zależeć od ciężkości stanu klinicznego pacjenta. W większości przypadków tworzy się rusztowanie i do niego dołącza się komórki macierzyste z biomolekułami. Przykłady takich rusztowań to np. nanowłóknista łąta (plaster), hydrożel lub specjalnie zaprojektowana folia. Uwalnianie się komórek macierzystych i biomolekuł z rusztowania może zapewnić odpowiednie mikrośrodowisko do naprawy uszkodzonych tkanek lewej komory serca, a także promować jej regenerację [29].

**Plaster hydrożelowy**

Grupa badaczy z Chin stworzyła nanowłóknisty plaster sercowy zawierający TGF-B3 oraz egzosomy pochodzące z ludzkich macierzystych komórek mezenchymalnych

pobranym z pępowiny. Wykazali oni, że plaster ten przyczynia się do zwiększenia frakcji wyrzutowej lewej komory serca po zawale oraz znacznie zmniejsza rozmiar tego zawału [30].

Zaprojektowano i stworzono także plaster z białkiem podobnym do angiopoetyny 4 (ANGPTL4). Białko to hamowało proces zapalny w pozawałowym sercu oraz stymulowało formację nowych naczyń. Dzięki temu po zastosowaniu ANGPTL4 dochodziło do poprawy frakcji wyrzutowej serca. Kluczową sprawą w przypadku takich plastrów jest zastosowanie materiału, z którego substancja lecznicza mogłaby się uwalniać. W tym przypadku była to żelatyna z aldehydem dekstranowym [31].

### Nanocząstki (NP)

Nanocząstki mogą być w przyszłości wykorzystane np. w leczeniu serca po zawale. Grupa badaczy umieściła kwasy nukleinowe w nanocząsteczkach lipidowych i w ten sposób skutecznie dostarczyli oni pDNA do kardiomiocytów. To badanie dowiodło, że można wykorzystać nanocząstki, aby zmieniać ekspresję genów w kardiomiocytach [32].

### Literatura

- [1] Kasprzyk M, Wudarczyk B, Czyż R, et al. Choroba niedokrwienności serca – definicja, epidemiologia, patogeneza, czynniki ryzyka i postępowanie. *Postępy Nauk Med.* 2018;358-360.
- [2] Prabhu S, Frangogiannis N, The Biological Basis for Cardiac Repair After Myocardial Infarction: From Inflammation to Fibrosis. *Circ Res.* 2016; 24;119(1):91-112.
- [3] Simões F, Cahill T, Kenyon A, et al. Macrophages directly contribute collagen to scar formation during zebrafish heart regeneration and mouse heart repair. *Nat Commun.* 2020;30;11(1):1-17.
- [4] Han L, Mich-Basso J, Li Y, et al. Changes in nuclear pore numbers control nuclear import and stress response of mouse hearts. *Dev Cell.* 2022;57(20):2397-2411.
- [5] Hesse M, Welz A, Fleischmann B. Heart regeneration and the cardiomyocyte cell cycle. *Pflugers Arch.* 2018; 470(2):241-248.
- [6] Li Y, Bertozzi A, Mann M, et al. Interdependent changes of nuclear lamins, nuclear pore complexes, and ploidy regulate cellular regeneration and stress response in the heart. *Nucleus.* 2023; 14(1):1-17.
- [7] Cabanelas N, Martins V. Laminopathies: a Pandora's box of heart failure, bradyarrhythmias and sudden death. *Rev Port Cardiol.* 2015; 34(2):1-5.
- [8] Wang T, Chen X, Wang K, et al. Cardiac regeneration: Pre-existing cardiomyocyte as the hub of novel signaling pathway. *Genes Dis.* 2023;11(2):747-759.
- [9] Bargehr J, Ong L, Colzani M, et al. Epicardial cells derived from human embryonic stem cells augment cardiomyocyte-driven heart regeneration. *Nat Biotechnol.* 2019; 37(8):895-906.
- [10] Zhang X, Zhang Q, Chen L, et al. Appropriate Exogenous Expression Stoichiometry of GATA4 as an Important Factor for Cardiac Reprogramming of Human Dermal Fibroblasts. *Cell Reprogram.* 2022;24(5):283-293.
- [11] Tani H, Sadahiro T, Yamada Y, et al. Direct Reprogramming Improves Cardiac Function and Reverses Fibrosis in Chronic Myocardial Infarction. *Circulation.* 2023;147(3):223-238.
- [12] Paw M, Kusiak A, Nit K, et al. Hypoxia enhances anti-fibrotic properties of extracellular vesicles derived from hiPSCs via the miR302b-3p/TGFβ/SMAD2 axis. *BMC Med.* 2023;21(1):1-25.
- [13] Senyo S, Steinhauser M, Pizzimenti C, et al. Mammalian heart renewal by pre-existing cardiomyocytes. *Nature.* 2013;493(7432): 433-436.
- [14] Garry D, Zhang J, Larson T, et al. Networks that Govern Cardiomyocyte Proliferation to Facilitate Repair of the Injured Mammalian Heart. *Methodist Debakey Cardiovasc J.* 2023;16;19(5):16-25.
- [15] Fan Y, Cheng Y, Li Y. Phosphoproteomic Analysis of Neonatal Regenerative Myocardium Revealed Important Roles of Checkpoint Kinase 1 via Activating Mammalian Target of Rapamycin C1/Ribosomal Protein S6 Kinase b-1 Pathway. *Circulation.* 2020;141(19):1554-1569.
- [16] Guan Y, Gao X, Tang Q, et al. Nucleoporin 107 facilitates the nuclear export of Scn5a mRNA to regulate cardiac bioelectricity. *J Cell Mol Med.* 2019; 23(2):1448-1457.
- [17] Ai X, Yan J, Bare D, et al. Stress Kinase Signaling in Cardiac Myocytes. *Cham (CH): Springer.* 2022;21:67-110.
- [18] Gallo S, Vitacolonna A, Bonzano A, et al. ERK: A Key Player in the Pathophysiology of Cardiac Hypertrophy. *Int J Mol Sci.* 2019;20(9):1-21.
- [19] Gu S, Tan J, Li Q, et al. Downregulation of LAPT4B Contributes to the Impairment of the Autophagic Flux via Unopposed Activation of mTORC1 Signaling During Myocardial Ischemia/Reperfusion Injury. *Circ Res.* 2020;127(7):148-165.
- [20] Marro J, Pfefferli C, Charles A, et al. Collagen XII Contributes to Epicardial and Connective Tissues in the Zebrafish Heart during Ontogenesis and Regeneration. *PLoS One.* 2016;11(10):1-23.
- [21] Strash N, DeLuca S, Carattini G, et al. Human ErbB2-induced Erk activity robustly stimulates cycling and functional remodeling of rat and human cardiomyocytes. *Elife.* 2021; 10:1-22.
- [22] Li H, Chang C, Li X, et al. The roles and activation of endocardial Notch signaling in heart regeneration. *Cell Regen.* 2021;10(1):1-8.
- [23] Gemberling M, Karra R, Dickson A, et al. Nrg1 is an injury-induced cardiomyocyte mitogen for the endogenous heart regeneration program in zebrafish. *Elife.* 2015;4:1-17.
- [24] Shiraishi M, Yamaguchi A, Suzuki K. Nrg1/ErbB signaling-mediated regulation of fibrosis after myocardial infarction. *FASEB J.* 2022;36(2):1-21.
- [25] Novoyatleva T, Sajjad A, Pogoryelov D, et al. FGF1-mediated cardiomyocyte cell cycle reentry depends on the interaction of FGFR-1 and Fn14. *FASEB J.* 2014; 28(6): 2492-2503.
- [26] Fan C, Oduk Y, Zhao M, et al. Myocardial protection by nanomaterials formulated with CHIR99021 and FGF1. *JCI Insight.* 2020;5(12):1-19.
- [27] Fu W, Wang W, Zeng C. Wnt signaling pathways in myocardial infarction and the therapeutic effects of Wnt pathway inhibitors. *Acta Pharmacol Sin.* 2019;40(1):9-12.
- [28] Lee M, Kim Y, Park J, et al. A paintable and adhesive hydrogel cardiac patch with sustained release of ANGPTL4 for infarcted heart repair. *Bioact Mater.* 2023;31:395-407.
- [29] Lakshmanan R, Krishnan U, Sethuraman S. Living cardiac patch: the elixir for cardiac regeneration. *Expert Opin Biol Ther.* 2012; 12(12):1623-40.
- [30] Ping P, Guan S, Ning C, et al. Fabrication of blended nanofibrous cardiac patch transplanted with TGF-β3 and human umbilical cord MSCs-derived exosomes for potential cardiac regeneration after acute myocardial infarction. *Nanomedicine.* 2023;54:1-6.
- [31] Lee M, Kim Y, Park J, et al. A paintable and adhesive hydrogel cardiac patch with sustained release of ANGPTL4 for infarcted heart repair. *Bioact Mater.* 2023;31:395-407.
- [32] Scalzo S, Santos A, Ferreira H, et al. Ionizable Lipid Nanoparticle-Mediated Delivery of Plasmid DNA in Cardiomyocytes. *Int J Nanomedicine.* 2022;17:2865-2881.

**Adam Hałaburda, Eliza Cielica, mgr inż. Oliwia Bochniak**  
Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Katedra i Zakład Fizjologii, Wydział Medycyny i Stomatologii, Szczecin



# Wyznaczanie czasu propagacji fali tętna w oparciu o sygnały EKG i PPG

Krzysztof Sieczkowski, Andrzej Piotr Dobrowolski, Tadeusz Sondej, Robert Olszewski

Choroby układu krążenia są obecnie uznawane za główną przyczynę zgonów na świecie, a w Polsce są przyczyną blisko połowy zgonów [1]. Jedną z istotnych chorób układu krążenia jest nadciśnienie tętnicze, które mierzone jest zwykle metodą osłuchową Korotkowa. Metoda ta jednak nie nadaje się do ciągłego stosowania i jest niewygodna w użyciu. Z tego powodu poszukiwane są nowe metody pomiarowe, pozwalające na długoterminowy pomiar i dostarczające dodatkowych informacji klinicznych. Najbardziej obiecującą jest metoda polegająca na wykorzystaniu zależności czasu propagacji fali tętna PTT (ang. *Pulse Transit Time*) od ciśnienia panującego w tętnicach. Umożliwia ona ciągłą, nieinwazyjną, bezpieczną i wygodną dla pacjenta estymację ciśnienia tętniczego krwi [2]. Czas propagacji fali tętna to czas, po którym fala pokonuje określony odcinek układu krwionośnego. Znając dokładną odległość między punktami pomiarowymi,

W artykule przedstawiono nowatorską metodę pozwalającą na wyznaczenie czasów propagacji fali tętna, która bazuje na jednoczesnym pomiarze sygnałów EKG i PPG. Kluczowa dla proponowanego algorytmu dokładność wyznaczenia początkowego i końcowego punktu pomiarowego danego sygnału silnie zależy od procedur wstępnego przetwarzania. Proponowane rozwiązanie opiera się na rozwijanej przez autorów metodzie korelacji aktualizowanego na bieżąco wzorca sygnału z aktualnie analizowanym fragmentem sygnału.

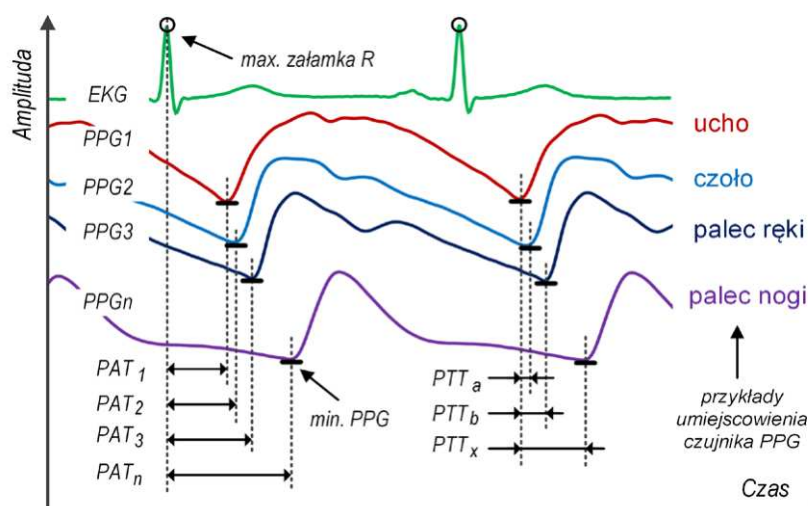
można wyznaczyć dodatkowy parametr – prędkości rozchodzenia się fali tętna PWV (ang. *Pulse Wave Velocity*).

Obecnie prowadzonych jest bardzo wiele badań mających na celu dokładny pomiar czasu propagacji fali tętna. Jedną z metod jest metoda polegająca na jednoczesnym pomiarze sygnału elektrokardiograficznego (EKG) i fotopletyzmograficznego (PPG) [3]. Wartość wypadkowa czasu propagacji fali tętna bazuje na wartościach, które wyznaczone są na podstawie momentów występowania określonych punktów charakterystycznych. W sygnale EKG najczęściej stosowanym punktem charakterystycznym jest wartość maksymalna załamka R. W przypadku sygnału PPG punktami charakterystycznymi mogą być np.: wartość minimalna, która stanowi początek fragmentu sygnału PPG, wartość maksymalna lub maksimum I lub II pochodnej [4]. Czas propagacji fali tętna wyznaczany od momentu wystąpienia załamka R sygnału EKG do określonego punktu charakterystycznego sygnału PPG określany jest mianem czasu PAT (ang. *Pulse Arrival Time*). Czas propagacji fali tętna wyznaczany tylko na podstawie sygnałów PPG, które zostały zarejestrowane w różnych miejscach pomiarowych, określany jest mianem czasu PTT.

Na rys. 1 zilustrowano wprowadzone definicje czasów PAT i PTT. W tym przykładzie wartość PAT wyznaczana jest na podstawie wartości maksymalnej załamka R oraz wartości minimalnej sygnału PPG.

## Akwizycja i wstępne przetwarzanie sygnałów

Aby poprawnie wyznaczać czasy PAT i PTT, wymagany jest synchroniczny pomiar sygnałów EKG i PPG. W tym celu za-



Rys. 1. Określenie czasów PAT i PTT [4]

projektowano system pomiarowy MPTT [3-5], umożliwiający jednoczesną akwizycję sygnału EKG oraz 8 sygnałów PPG. Wszystkie sygnały zarejestrowane w grupie ochotników próbkowano częstotliwością 250 Hz.

Zarejestrowane sygnały przed wykonaniem zasadniczego przetwarzania muszą zostać poddane filtracji w celu usunięcia niepożądanych składowych i zakłóceń losowych, które mogą istotnie zafałszować wartości wyznaczanych czasów PAT/PTT. Zakłócenia mogą mieć wiele różnych źródeł [6-9] i większość z nich może być skutecznie zredukowana przy pomocy odpowiednich technik filtracji. Inne zakłócenia, np. spowodowane ruchem, są praktycznie niemożliwe do wyeliminowania.

W niniejszym artykule zaproponowano metodę filtracji bazującą na dyskretnej transformacji falkowej DWT (ang. *Discrete Wavelet Transform*). Dla sygnałów próbkowanych z częstotliwością 250 Hz konieczne jest przeprowadzenie dekompozycji, z wykorzystaniem odpowiednio dobrej falki, co najmniej do poziomu 7. Z uzyskanych detali (D1-D7) oraz aproksymacji wybierane są tylko te składowe, które zawierają najwięcej informacji użytecznych. Na podstawie wstępnych badań pilotażowych, zarówno do filtracji sygnałów EKG jak i PPG, wybrano falkę db9. Odfiltrowany sygnał EKG zawierał składowe bazujące na współczynnikach detali D3-D9, natomiast sygnał PPG składał się z sygnałów bazujących na współczynnikach D4-D8. W praktyce mogą być również stosowane inne metody filtracji.

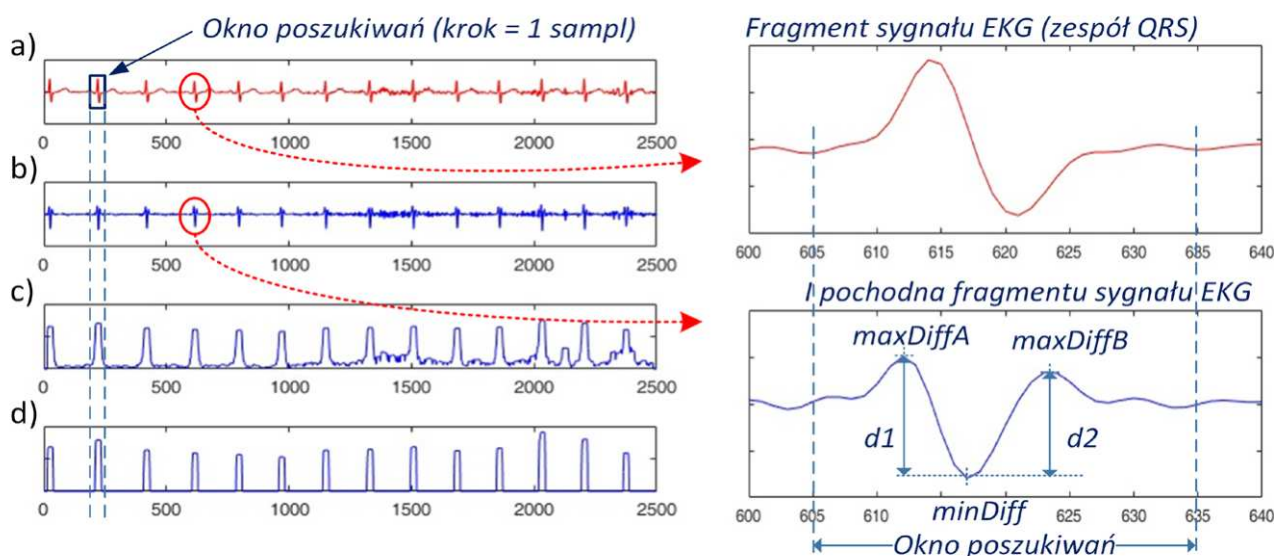
### Lokalizacja punktów charakterystycznych sygnału EKG

Najbardziej rozróżnialnymi elementami w sygnale EKG są załamki: P, Q, R, S, T i rzadziej U. Z uwagi na znaczącą amplitudę oraz ostry kształt załamka R, jego maksimum jest najczęściej wybierane jako punkt charakterystyczny. W proponowanej metodzie załamek R pełni rolę punktu proksymalnego (początkowego), względem którego wyznaczone są chwilowe wartości czasu PAT. Sygnał EKG pełni również funkcję sygnału synchronizującego, wykorzystywanego w przetwarzaniu sygnału PPG.

Detekcja załamka R realizowana jest przy pomocy usprawnionej metody opisanej w [10]. Szerokość zespołu QRS mieści się w granicach od 0,04 s do 0,12 s, co odpowiada od 10 do 30 próbek (dla  $f_s = 250$  Hz). Właściwość ta została wykorzystana do utworzenia specjalnego okna przetwarzania  $W\_ECG$ , którego rozmiar (30 próbek) pozwala zawrzeć cały zespół QRS, ale bez pozostałych załamek. Okno to przesuwane jest wzdłuż całej funkcji i pochodnej z krokiem wynoszącym jedną próbkę pomiarową. W każdym kroku przetwarzania poszukiwana jest wartość minimalna funkcji i pochodnej –  $minDiff$  (jeżeli okno obejmuje cały zespół QRS to wartość ta najczęściej stanowi zbocze opadające – załamek S). Wartość minimalna umownie dzieli to okno na dwie części. W części pierwszej liczonej od początku okna  $W\_ECG$  do wartości  $minDiff$  poszukiwana jest wartość maksymalna i pochodnej, tj. wartość  $maxDiffA$ . Natomiast w drugiej części okna przetwarzania, liczonej od wystąpienia  $minDiff$  do końca okna przetwarzania  $W\_ECG$ , również poszukiwana jest wartość maksymalna i pochodnej –  $maxDiffB$ . W przypadku, gdy okno  $W\_ECG$  obejmuje cały zespół QRS, to wartość  $minDiff$  jest bardzo mała, natomiast wartości  $maxDiffA$  oraz  $maxDiffB$  są relatywnie bardzo duże. Otrzymujemy wówczas duże wartości  $d_1 = maxDiffA - minDiff$  oraz  $d_2 = maxDiffB - minDiff$ . W celu zwiększenia dystansu od przypadkowych niewielkich zmian, suma  $d_1 + d_2$  jest podnoszona do kwadratu. Wynik tego działania w dalszej części artykułu będzie określany mianem przebiegu  $d1d2p$ . Na rys. 2 przedstawiono procedurę przetwarzania sygnału EKG, która pozwala wskazać lokalizację zespołu QRS.

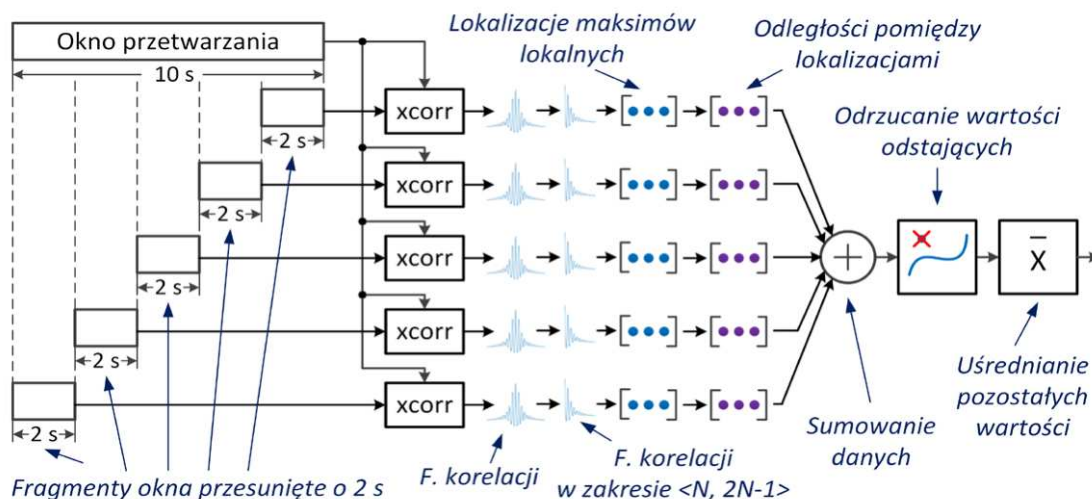
W każdym kroku przetwarzania zapamiętywana jest aktualna wartość  $d1d2p$  oraz lokalizacje wystąpienia wartości  $minDiff$  oraz  $maxDiffA/B$ . Pozwala to na sprawne wskazanie tych wartości, na podstawie których wyznaczone zostały poszczególne wartości przebiegu  $d1d2p$ . Dodatkowym usprawnieniem proponowanej metody jest „wygładzenie”  $d1d2p$ , realizowane jest przy pomocy funkcji średniej kroczącej, uodparniając procedurę na zakłócenia impulsowe.

W oparciu o wygładzony przebieg  $d1d2p$  wyznaczone są wartości stanowiące lokalne maksima. W celu wyselekcjonowania prawidłowych lokalizacji maksimów lokalnych,



Rys. 2. Procedura przetwarzania sygnału EKG pozwalająca wskazać obszar występowania zespołu QRS [11]: a) sygnał; b) I pochodna; c) suma wartości  $d_1$  i  $d_2$ ; d) kwadrat sumy  $d_1$  i  $d_2$

Rys. 3. Procedura wyznaczania średniego czasu powtarzania sygnału PPG [10]



które dotyczą prawidłowych lokalizacji zespołów QRS, konieczne jest utworzenie dynamicznego progu, powyżej którego wartości te uznawane będą za prawidłowe. Próg ten wyznaczany jest na podstawie 2-sekundowych odcinków, których aktualna wartość stanowi 40% wartości maksymalnej  $d1d2p$ . Znalezione punkty maksimum lokalnych, które znajdują się powyżej dynamicznego progu, są uznawane za poprawne lokalizacje wskazujące położenie zespołu QRS.

Dysponując wcześniej zapisanymi informacjami dotyczącymi wartości  $maxDiffA$  oraz  $maxDiffB$ , można dla każdego poprawnego maksimum przebiegu  $d1d2p$ , wskazać poprawny zakres, w którym występuje załamek R. Znając wąski zakres wystąpienia załamka R, można precyzyjnie znaleźć jego położenie.

### Lokalizacja punktów charakterystycznych sygnału PPG

Z uwagi na bardzo zmienny charakter sygnału PPG oraz możliwość wystąpienia licznych zakłóceń, autorzy zaproponowali metodę wykorzystującą wzorec sygnału, który wyznaczany jest na podstawie ostatnich 10 s sygnału. Jest to rozwinięcie metod przedstawionych w [10, 11]. Do wyznaczania sygnału wzorca formuje się główny bufor pamięci –  $W\_PPG$ . W pierwszej kolejności wyznaczana jest wartość średniego czasu powtarzania sygnału, który występuje w oknie przetwarzania. Schemat działania tej procedury przedstawiono na rys. 3.

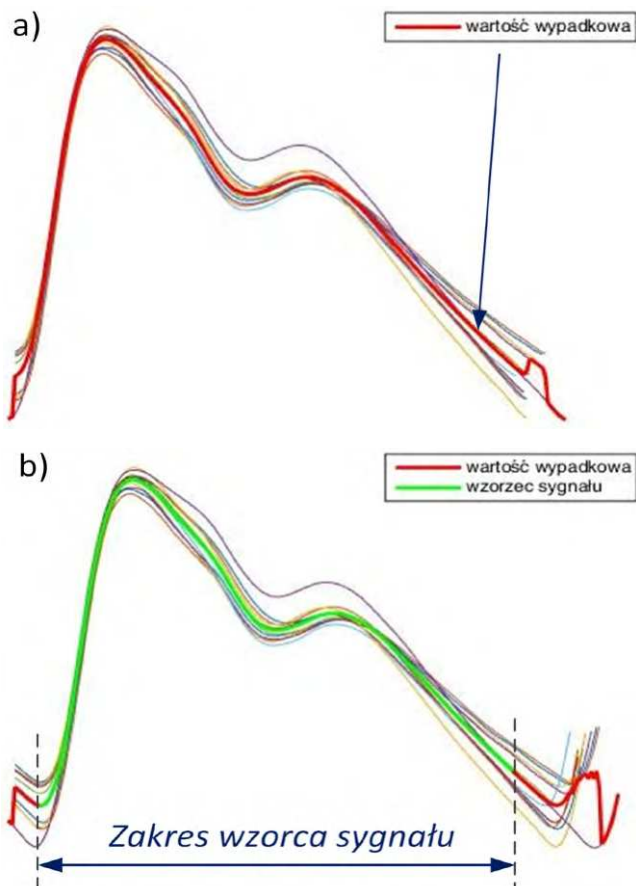
Sygnał występujący w oknie przetwarzania dzielony jest na 5 części o długości 2 s. Każda z tych części poddawana jest indywidualnie procedurze obliczania korelacji skrośnej. Podział sygnału na 5 części pozwala zwiększyć odporność tej metody na zakłócenia. Dodatkowo, korelacja fragmentów sygnału z całym sygnałem występującym w oknie przetwarzania pozwala uzyskać lokalne maksima, których wartości układają się na zbliżonym do siebie poziomie i wykazują trend funkcji stałej. Natomiast funkcja autokorelacji wykazuje trend funkcji gasnącej. W wyniku czego uzyskiwanych jest 5 indywidualnych funkcji korelacji. W każdej otrzymanej funkcji interesującą częścią przebiegu jest przebieg występujący w zakresie  $\langle N, 2N - 1 \rangle$ , gdzie  $N$  jest długością okna przetwarzania. Z nowo otrzymanych funkcji wyznaczane są punkty położenia maksimum lokalnych. Na podstawie tych punktów wyliczana jest odle-

głość pomiędzy sąsiadującymi lokalizacjami. W ten sposób otrzymywane są wektory, które zawierają odległości pomiędzy lokalnymi maksimumi zmodyfikowanej funkcji korelacji. Dane opisujące odległości są następnie łączone do wspólnego wektora i szeregowane w celu redukcji po 10% skrajnych wartości. Z uzyskanego wektora danych wyliczana jest następnie wartość średnia.

Kolejnym elementem tego bloku przetwarzania jest ekstrakcja indywidualnych, pełnych fragmentów sygnału PPG. W każdym pojedynczym fragmencie fali tętna występuje pierwsze i bardzo znaczące zbrocze narastające, na którym występuje lokalne maksimum funkcji i pochodnej. Wartości ujemne i pochodnej są zerowane, gdyż nie dotyczą zbroczy narastających. Zmodyfikowana funkcja (bez wartości ujemnych) poddawana jest następnie operacji podnoszenia do kwadratu, co pozwala zwiększyć dystans pomiędzy istotnymi wartościami. Następnie wyznaczane są lokalizacje wszystkich maksimum lokalnych.

Podobnie jak w przypadku procedury wyznaczania punktów charakterystycznych EKG, również dla PPG konieczne jest zastosowanie dynamicznego progu. Ponieważ analizowany sygnał występuje w oknie przetwarzania  $W\_PPG$  o długości 2500 próbek pomiarowych, jest on dzielony na 5 równych części. Dla każdej części poszukiwana jest lokalna wartość maksymalna, która występuje w zmodyfikowanej funkcji i pochodnej. Wartość lokalnego fragmentu dynamicznego progu stanowi 40% lokalnej wartości maksymalnej występującej w zmodyfikowanej funkcji i pochodnej. Po wyselekcjonowaniu poprawnych lokalizacji największych stromości zbroczy narastających sygnału PPG, poszukiwane są poprzedzające te zbrocza lokalne minima funkcji. Poszukiwanie wartości minimalnej odbywa się w specjalnym, mniejszym zakresie, który poprzedza wystąpienie lokalizacji największej stromości sygnału. Rozmiar tego zakresu stanowi 20% wartości średniego czasu powtarzania sygnału występującego w oknie przetwarzania  $W\_PPG$ . Efektem działania tej części algorytmu jest wskazanie pełnych fragmentów sygnału PPG obrazujących „uderzenie” serca. Wyselekcjonowane fragmenty są następnie przekazywane do procedury synchronizacji z przetworzonym sygnałem EKG. Jako metodę synchronizacji wybrano metodę korelacji skrośnej.

W idealnym przypadku wszystkie fragmenty sygnału powinny się wzajemnie pokrywać. Niestety, w rzeczywi-



Rys. 4. Zsynchronizowane fragmenty sygnału: a) z wyznaczoną wartością wypadkową; b) z wyznaczoną wartością wypadkową i docelowym sygnałem wzorca

stych sygnałach niektóre fragmenty sygnału mogą zaczynać się i kończyć z różnym położeniem w czasie. Bezpośrednie wyznaczenie wartości wypadkowej polegającej na uśrednieniu, powodowałoby wygenerowanie zniekształconego (w skrajnych położeniach) wzorca sygnału. Na rys. 4a przedstawiono zsynchronizowane fragmenty sygnału z zaznaczoną wartością wypadkową.

W celu zachowania wszystkich cennych informacji i redukcji nieciągłości sygnału wzorca, konieczna jest synchronizacja fragmentów, które zawierają więcej danych. Dlatego, ostatecznie zsynchronizowane są fragmenty dłuższe niż te które były brane do wyznaczania przesunięć. Nowe, szersze fragmenty zawierają z obydwu stron po 5% więcej danych niż wyznaczone poprzednio pełne fragmenty. Długość docelowego sygnału wzorca wynosi 90 % wartości średniego czasu powtarzania sygnału (rys. 4b). Dysponując kompletnym sygnałem wzorca, można wyznaczyć docelowe punkty charakterystyczne (maksimum I i II pochodnej), występujące w tym wzorcu. Wyznaczony wzorzec jest następnie poddawany korelacji skośnej z całym sygnałem występującym w oknie przetwarzania.

Po wykonaniu wszystkich kroków przetwarzania uzyskiwany jest obszerny zbiór danych sygnału EKG i PPG, z którego grupowane są dane, w których skrajne wartości nie odstają od siebie bardziej niż o 30 próbek. Z każdej grupy usuwane są wartości odstające (po ok. 15 % najmniejszych i największych wartości). Pozostałe wartości po uśrednieniu stanowią docelowe lokalizacje wyznaczanych punktów charakterystycznych. Na rys. 5 przedstawiono przykładowo

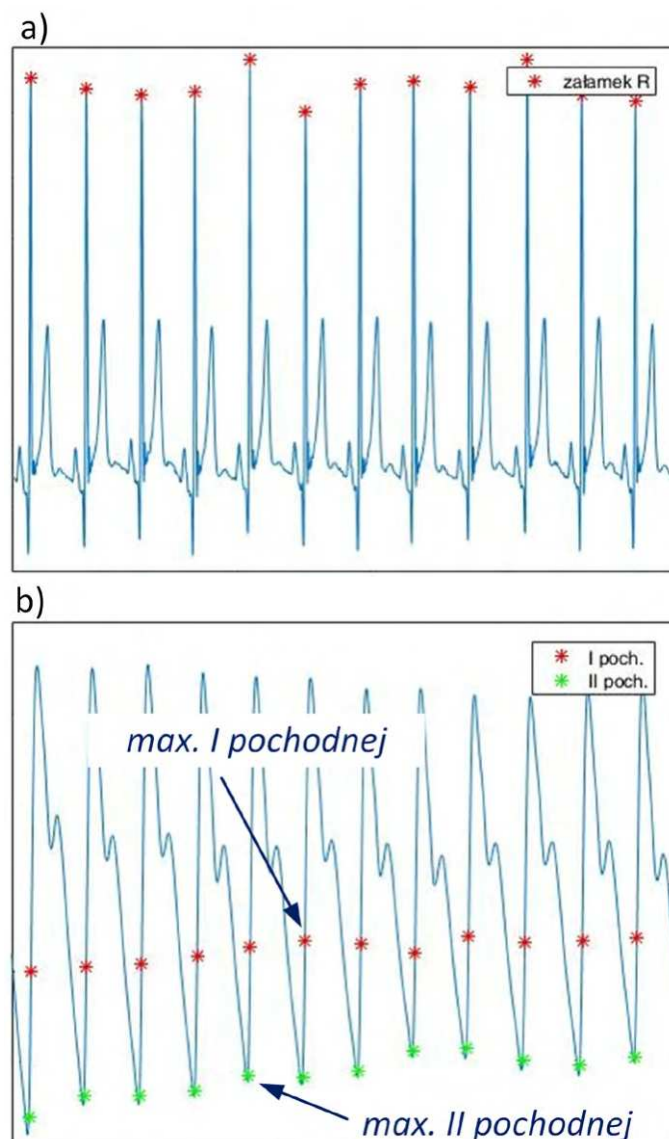
wy przebieg sygnału EKG i PPG z wyznaczonymi punktami charakterystycznymi.

### Wyznaczanie chwilowych wartości PAT i PTT

W zależności od rodzaju wyznaczanych czasów propagacji fali tętna (PAT lub PTT), sygnał EKG może być sygnałem tylko synchronizującym, ale może również określać wartości odniesienia, na podstawie których wyznaczone zostaną czasy PAT. W tym celu tworzona jest macierz, w której pierwsza kolumna zawiera punkty synchronizujące EKG. Następne kolumny zawierają punkty charakterystyczne dotyczące sygnałów PPG. Kolejne punkty charakterystyczne EKG tworzą podzakresy, w których poszukiwane są odpowiadające punkty charakterystyczne PPG.

### Badania testowe

W celu weryfikacji poprawności działania zaproponowanego algorytmu, przeprowadzono badania na 30 ochotnikach w wieku od 22 do 71 lat. W trakcie każdego badania osoba znajdowała się w pozycji leżącej i nie wykonywała żadnych ruchów. Elektrody EKG podłączono zgodnie z I odrowadzeniem Einthovena, natomiast czujnik PPG umieszczono na palcu wskazującym prawej ręki. W każdym ba-



Rys. 5. Przykładowe przebiegi sygnałów z wyznaczonymi punktami charakterystycznymi: a) EKG; b) PPG

Tabela 1. Wyniki ilustrujące skuteczność detekcji punktów charakterystycznych

ID pacjenta	Poprawnie znalezione lokalizacje [%]			Fałszywe lokalizacje [%]		
	EKG R	PPG I poch.	PPG II poch.	EKG R	PPG I poch.	PPG II poch.
1	100	100	100	0	0	0
2	96,43	100	100	3,57	0	0
3	100	100	100	0	0	0
4	94,87	100	100	0	0	0
5	100	100	100	0	0	0
6	100	98,15	98,15	0	1,85	1,85
7	100	100	100	0	0	0
8	100	100	100	0	0	0
9	87,01	98,70	98,70	12,99	0	0
10	100	100	100	0	0	0
11	100	100	100	0	0	0
12	100	100	100	0	0	0
13	100	100	100	0	0	0
14	98,25	96,49	96,49	1,75	3,51	3,51
15	100	100	100	0	0	0
16	100	100	100	0	0	0
17	100	95,71	97,14	0	4,29	2,86
18	100	100	100	0	0	0
19	100	100	100	0	0	0
20	100	98,21	98,21	0	1,79	1,79
21	100	100	100	0	0	0
22	100	100	100	0	0	0
23	100	100	100	0	0	0
24	77,50	100	100	22,50	0	0
25	100	100	100	0	0	0
26	100	100	100	0	0	0
27	100	100	100	0	0	0
28	100	100	100	0	0	0
29	100	100	100	0	0	0
30	100	100	100	0	0	0

daniu wykonano 5-minutowe rejestracje, w których tylko ostatnia minuta poddawana była dalszej analizie. Tak długi czas rejestracji w odniesieniu do analizowanych danych, podyktowany był koniecznością stabilizacji organizmu badanej osoby, tj. stabilizacji tętna i respiracji. Dopiero po upływie kilku minut możliwa jest w miarę obiektywna analiza sygnału, który występuje w warunkach naturalnych. Przedstawioną metodę zaimplementowano w środowisku Matlab 2016b. Weryfikacja skuteczności zaproponowanego algorytmu polegała na początkowym, manualnym

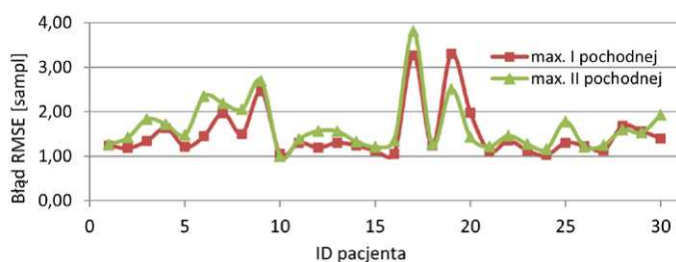
znalezieniu lokalizacji wystąpień załamków R sygnału EKG oraz wartości maksymalnych I i II pochodnej dotyczących sygnału PPG. Lokalizacje te były uznawane jako wzorcowe. Następnie, zarejestrowane sygnały przetworzono za pomocą proponowanego algorytmu, co pozwoliło automatycznie wygenerować wektory lokalizacji punktów charakterystycznych. W idealnym przypadku, wszystkie punkty charakterystyczne występujące w sygnale powinny zostać odnalezione przez algorytm. W rzeczywistych sygnałach, które oprócz sygnału użytecznego mogą zawierać również

liczne zakłócenia, detekcja wszystkich lokalizacji punktów charakterystycznych może być znacząco utrudniona.

Pierwsze przeprowadzone badanie miało na celu określenie skuteczności detekcji punktów charakterystycznych. Skuteczność detekcji punktów charakterystycznych rozumiana jest jako stosunek liczby punktów poprawnie określonych przez algorytm do liczby wszystkich punktów występujących w sygnale. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Zakłócenia występujące w sygnałach mogą powodować, że algorytm dla danej ewolucji serca, może znaleźć więcej niż jeden określony punkt charakterystyczny. Takie działanie algorytmu jest błędne i wymaga stosowania dodatkowych mechanizmów selekcji punktów charakterystycznych, gdyż w takiej sytuacji nie można jednoznacznie określić, która lokalizacja jest prawidłowa. Natomiast w przypadku sygnałów nie zawierających zakłóceń, obserwuje się niemal 100% skuteczność. W jednym analizowanym przypadku (pacjent nr 9) zaobserwowano, że nie zlokalizowano poprawnie wszystkich punktów charakterystycznych PPG i nie wystąpiły również lokalizacje fałszywe, czyli lokalizacje punktów nieistniejących. Przedstawiony przypadek obrazuje, że algorytm nie wskazał niektórych punktów charakterystycznych.

Drugie badanie ukierunkowane było na weryfikację dokładności położenia punktów charakterystycznych znalezionych przez algorytm. Dane stosowane w tym badaniu, pochodziły tylko z poprawnie znalezionych lokalizacji. Jak przedstawiono wcześniej, lokalizacje odniesienia stanowiły punkty wyznaczone manualnie. Jako miarę dokładności przyjęto błąd RMSE (ang. *Root Mean Square Error*). Na rys. 6 przedstawiono uzyskane wyniki. Dla sygnału EKG błąd zawsze wynosił 0. Jest to związane z charakterem załamka R, który jest zwykle łatwy do wykrycia.



Rys. 6. Wyniki drugiego badania

Dla sygnału PPG w większości przypadków błąd RMSE określenia czasu zawierał się w granicy od 1 do 2 próbek.

W przypadku sygnału PPG, kształt sygnału zmienia się w ramach każdej ewolucji serca. Wyznaczony wzorzec sygnału PPG charakteryzuje się pewnym uśrednieniem sygnału. Uśrednienie to zmniejsza nieco dokładność detekcji punktów charakterystycznych, ale uodparnia system na występowanie pojedynczych silnych zakłóceń.

## Wnioski i podsumowanie

Przeprowadzone badania testowe pokazały, że możliwa jest efektywna detekcja punktów charakterystycznych sygnału EKG i PPG. Z uwagi na szczególnie charakter sygnału EKG, algorytm z niemal 100 % dokładnością wyznaczył lokalizację wystąpień załamka R. Relatywnie niski błąd de-

tekcyj pozostałych punktów charakterystycznych pozwala na dość dokładne wyznaczenie poszukiwanych czasów PAT i PTT. Ciągły pomiar czasu propagacji fali tętna pozwala na ciągłe monitorowanie zmian ciśnienia tętniczego krwi. Pomiar tego typu stwarza ogromne możliwości diagnostyczne chorób układu sercowo-naczyniowego. Z uwagi na konieczność stosowania badań ukierunkowanych na pomiar prędkości fali tętna oraz alarmujące statystyki przedstawiane przez WHO, zasadne są dalsze badania i rozwój metod pomiaru i efektywnego wyznaczania czasu propagacji fali tętna.

## Literatura

- [1] Cierniak-Piotrowska M., Marciniak G., Stańczak J., Statystyka zgonów i umieralności z powodu chorób układu krążenia, Główny Urząd Statystyczny, (2016).
- [2] Peter L., Noury N., Cerny M., A review of methods for non-invasive and continuous blood pressure monitoring: Pulse transit time method is promising?, IRMB, 35 (2014), No. 5, 271–282.
- [3] Sieczkowski K., Sondej T., Dobrowolski A., Olszewski R., Projekt systemu zdalnego monitorowania zmian ciśnienia tętniczego krwi, Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania, 58 (2017), nr 1, 17-21.
- [4] Sondej T., Sieczkowski K., Olszewski R., Dobrowolski A., Simultaneous multi-site measurement system for the assessment of pulse wave delays, Biocybernetics and Biomedical Eng., 39 (2019), 488-502.
- [5] Olszewski R., Sondej T., Sieczkowski K., Poniatowska K., Dobrowolski A., Validating a new device for precise assessment of pulse wave velocity of arteries of various structures, European Congress of Preventive Cardiology EuroPrevent 2019, Lisbon, 11-13.04.2019.
- [6] Han G., Lin B., Xu Z., Electrocardiogram signal denoising based on empirical mode decomposition technique: an overview, Journal of Instrumentation, 12 (2017).
- [7] Gambarotta N., Aletti F., Baselli G., Ferrario M., A review of methods for the signal quality assessment to improve reliability of heart rate and blood pressures derived parameters, Med Biol Eng Comput., 54(2016), No.7, 1025-1035.
- [8] Buxi D., Redouté J.M., Yuce M.R., A survey on signals and systems in ambulatory blood pressure monitoring using pulse transit time, Physiol Meas., 36(2015), No. 3, R1-26.
- [9] Cutmore T.R., James D.A., Identifying and reducing noise in psychophysiological recordings, Int J Psychophysiol., 32 (1999), No. 2, 129-150.
- [10] Sieczkowski K., Sondej T., Dobrowolski A., Olszewski R., Metoda ciągłego monitorowania zmienności czasu propagacji fali tętna oparta na analizie sygnału elektrokardiograficznego oraz fotopletyzmo graficznego, XXXII Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekomilitaris 2018”, Zakopane, 4-7.09.2018.
- [11] Sieczkowski K., Sondej T., Dobrowolski A., Olszewski R., Autocorrelation algorithm for determining a pulse wave delay, 20th Conference SPA, 2016, 321-326.

Artykuł ukazał się w „Przeglądzie Elektrotechnicznym”, ISSN 0033-2097, R. 95 NR 11/2019

**dr inż. Krzysztof Sieczkowski<sup>1</sup>, prof. dr hab. inż. Andrzej Piotr Dobrowolski<sup>1</sup>, dr hab. inż. Tadeusz Sondej<sup>1</sup>, dr hab. n. med. Robert Olszewski, prof. NIGRiR<sup>2,3</sup>**

1 – Wydział Elektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna

2 – Narodowy Instytut Geriatrii, Reumatologii i Rehabilitacji

3 – Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

# Wiek a skuteczność pozawałowej rehabilitacji kardiologicznej u pacjentów z obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory

Agata Nowak, Zbigniew Nowak, Aleksandra Baryła

**K**ompleksowa rehabilitacja kardiologiczna odgrywa jedną z głównych ról w procesie postępowania medycznego w dysfunkcjach układu sercowo-naczyniowego. Uznawana jest ona za integralny element leczenia chorych po przebytych zawałach mięśnia sercowego, a jej przebieg jest złożony i wieloetapowy. Pierwotnie przez rehabilitację kardiologiczną rozumiane było postępowanie związane przede wszystkim z usprawnianiem ruchowym, wdrażanym wyłącznie u pacjentów o małym ryzyku powikłań, jednak dzięki rozwojowi metod terapeutycznych, głównie o charakterze interwencyjnym, i diagnostycznych (koronarografia) dąży się do włączania w jej zakres jak największej liczby chorych. Obecnie zwraca się uwagę na konieczność włączania do programów usprawniania kardiologicznego pacjentów z dysfunkcjami układu krążenia, a także tych ze zwiększonym ryzykiem ich wystąpienia. Jednym z głównych celów uczestnictwa pacjentów w kompleksowej rehabilitacji kardiologicznej jest eliminacja lub zahamowanie niekorzystnych zmian patofizjologicznych i psychologicznych. Wdrażane programy są już nie tylko bezpieczne, ale co najważniejsze zmniejszają ryzyko ponownego wystąpienia incydentu kardiologicznego, jednocześnie wpływając na poprawę wytrzymałości, wydolności wysiłkowej, oddziałując tym samym na poprawę jakości życia i samopoczucia chorych po zawałach mięśnia sercowego. Ponadto w analizie badań przeprowadzonych przez innych autorów na uwagę zasługuje fakt, że w ocenie pacjentów rehabilitacja kardiologiczna po zawałach serca uznawana jest za skuteczną i potrzebną formę, wdrażaną w ramach prewencji wtórnej [1-4].

Zasady prowadzenia treningu u pacjentów po zawałach serca zostały dokładnie zdefiniowane; znane są także pozytywne aspekty zdrowotne podejmowanej aktywności fizycznej. Obserwuje się jednak niewielką ilość badań dotyczących wpływu parametrów echokardiograficznych lewej komory serca na podejmowane ćwiczenia fizyczne. Interesująca jest zatem ocena pozawałowej korelacji wieku pacjenta, wielkości uszkodzenia lewej komory i ich wpływu na uzyskiwane efekty poszpitalnej, ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej.

## Cel

Analiza zależności pomiędzy wiekiem pacjenta po przebytych zawałach mięśnia sercowego z obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory serca (<50%), a efektywnością ćwiczeń fizycznych podejmowanych w ramach ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej (II etap). W pracy postawiono następujące pytania badawcze: 1. Czy istnieje związek pomiędzy wiekiem i funkcją skurczową lewej komory serca pacjentów po zawałach mięśnia sercowego, a efektem poszpitalnej, ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej, ocenianym na podstawie elektrokardiograficznej próby wysiłkowej na bieżni mechanicznej oraz wybranych wskaźników hemodynamicznych lewej komory serca ocenianej badaniem echokardiograficznym? i 2. Czy wiek i frakcja wyrzutowa lewej komory serca powinny być uwzględniane jako główne kryteria kwalifikujące pacjentów po zawałach mięśnia sercowego do odpowiedniego modelu rehabilitacji kardiologicznej?

## Materiały i metody

Zbadano łącznie 120 mężczyzn w wieku 34-79 lat ( $59,48 \pm 10,66$ ), uczestniczących w programie ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej po przebytych zawałach serca leczonych angioplastyką z frakcją wyrzutową mniejszą niż 50% (LVEF<50%). Pacjentów podzielono na cztery grupy wiekowe, każda licząca po 30 osób (tabela 1).

Kryteria włączenia: przebyty ostry zawał mięśnia sercowego; przebyty niepowikłany zabieg angioplastyki naczyń wieńcowych; LVEF<50%; czas od ostatniego incydentu sercowego nie mniejszy niż 3 tygodnie i nie większy niż 3 miesiące; zgoda pacjenta na podjęcie badań i uczestnictwo w programie.

Kryteria wyłączenia: LVEF $\geq$ 50%, ostry zawał serca <3 tygodni od incydentu, przebyty zawał serca >3 miesięcy od incydentu, tachykardia spoczynkowa, nieregulowane nadciśnienie tętnicze, zaburzenia rytmu i przewodzenia, niestabilna dławica piersiowa, rozpoznana choroba nowotworowa, wady zastawkowe serca, współistniejące schorzenia innych narządów uniemożliwiające uczestnictwo w programie rehabilitacji.

Tabela 1. Charakterystyka badanych osób – wg grup wiekowych

Wiek (w latach)		<50 (n=30)	51-60 (n=30)	61-70 (n=30)	>70 (n=30)
rodzaj zawału	STEMI	17 (57%)	20 (67%)	16 (53%)	19 (63%)
	NSTEMI	13 (43%)	10 (33%)	14 (47%)	11 (37%)
liczba stentów	1	25 (83%)	21 (70%)	16 (53%)	14 (47%)
	2	3 (10%)	8 (27%)	8 (27%)	6 (20%)
	≥3	2 (7%)	1 (3%)	6 (20%)	10 (33%)
choroby współistniejące	zawał serca	30 (100%)	30 (100%)	30 (100%)	30 (100%)
	choroba wieńcowa	30 (100%)	30 (100%)	30 (100%)	30 (100%)
	nadciśnienie tętnicze	20 (67%)	25 (83%)	19 (63%)	28 (93%)
	cukrzyca	2 (7%)	9 (30%)	3 (10%)	7 (23%)

Program usprawniania (C) obejmował interwałowy trening wytrzymałościowy na cykloergometrze, trening ogólnokondycyjny (ćwiczenia ogólnousprawniające uzupełnione o ćwiczenia równoważne, zręcznościowe, rozluźniające i rozciągające). Intensywność treningu wynosiła 50-60% rezerwy HR, przy 50% obciążeniu maksymalnym. Tolerancja wysiłku wynosiła 5-7 MET i 75-100 W. Dodatkowo w modelu B wykonywano także ćwiczenia oporowe. Intensywność treningu wynosiła 40-50% rezerwy tętna i 40-50% obciążenia maksymalnego. Tolerancja wysiłku wynosiła 3-5 MET i 50-75 W.

Czas trwania pełnego programu rehabilitacji wynosił każdorazowo 24 dni. Jednostki treningowe prowadzone były 5 razy w tygodniu. Nad bezpieczeństwem pacjentów czuwali fizjoterapeuci oraz lekarz kardiolog.

Przed rozpoczęciem rehabilitacji i po jej zakończeniu przeprowadzono następujące badania:

1. Submaksymalna, elektrokardiograficzna próba wysiłkowa na bieżni mechanicznej (protokół Bruce'a). Oceniano parametry: koszt energetyczny MET, czas trwania testu [min], maksymalny pobór tlenu  $VO_{2max}$  [ml/kg/min].
2. Badanie ultrasonograficzne serca – wykonane było metodą 2-wymiarową 2D. Analizowano następujące parametry: LVEDD – wymiar końcoworozkurczowy lewej komory serca (*left ventricular end-diastolic diameter*) [mm],

LVESD – wymiar końcowoskurczowy lewej komory serca (*left ventricular end-systolic diameter*) [mm], IVS – wymiar przegrody międzykomorowej (*interventricular septum*) [mm], LVPW – wymiar tylnej ściany lewej komory serca (*left ventricular posterior wall*) [mm], LVEF – frakcja wyrzutowa lewej komory serca (*left ventricle ejection fraction*) [%], LA – wymiar przednio-tylny lewego przedsionka (*left atrial*) [mm], LVM – masa lewej komory serca (*left ventricle mass*) [g].

## Wyniki

Tabela 2 przedstawia wyniki, jakie uzyskały poszczególne grupy wiekowe pacjentów podczas testu wysiłkowego na bieżni mechanicznej przed (I) i po (II) zakończeniu programu usprawniania. Analiza statystyczna wykazała we wszystkich grupach wiekowych istotne zmiany w zakresie następujących parametrów: czasu trwania testu, wskaźnika MET oraz  $VO_{2max}$  względem badania przeprowadzonego przed rozpoczęciem kardiorehabilitacji. Wszystkie oceniane zmienne były istotnie statystycznie ( $p=0,000$ ).

Wyniki analizy zmian w zakresie ocenianych wskaźników elektrokardiograficznej próby wysiłkowej – przed i po zakończeniu programu usprawniania, w odniesieniu do poszczególnych grup wiekowych przedstawione zostały w tabeli 3. Analiza nie wykazała istotnej zależności.

Tabela 2. Wyniki elektrokardiograficznej próby wysiłkowej – wg grup wiekowych

Wiek (w latach)	≤50 (n=30)	p	51-60 (n=30)	p	61-70 (n=30)	p	>70 (n=30)	p
MET I	8,82±2,43		7,44±2,50		7,16±2,25		5,75±2,39	
MET II	10,74±2,66	0,000	9,24±2,75	0,000	9,08±2,32	0,000	8,00±2,50	0,000
Δ	1,92		1,80		1,92		2,25	
Czas I	6,95±2,54		5,75±2,62		5,17±1,78		4,52±2,52	
Czas II	8,83±2,48	0,000	8,04±2,57	0,000	7,49±2,43	0,000	6,60±2,19	0,000
Δ	1,88		2,29		2,32		2,08	
$VO_{2max}$ I	32,83±9,69		28,78±9,72		25,76±5,65		25,07±7,87	
$VO_{2max}$ II	41,56±10,73	0,000	37,05±10,76	0,000	34,35±10,23	0,000	31,23±8,25	0,000
Δ	8,73		8,27		8,59		6,16	



Tabela 4 przedstawia wyniki badania echokardiograficznego oceniające lewą komorę serca wykonane przed i po zakończeniu programu usprawniania w poszczególnych grupach wiekowych. Wykazano istotny wzrost poziomu frakcji wyrzutowej (LVEF) we wszystkich grupach wiekowych, natomiast w grupie najmłodszej istotną zmianę wy-

kazano dodatkowo w zakresie wymiaru końcoworozkurczowego.

Wyniki analizy zmian w zakresie ocenianych wskaźników echokardiograficznych – przed i po zakończeniu programu usprawniania, w odniesieniu do poszczególnych grup wiekowych przedstawiono w tabeli 5. Na podstawie

**Tabela 3. Analiza zmian wskaźników próby wysiłkowej w odniesieniu do grup**

Parametry	Wiek (w latach)	≤50 (n=30)	51-60 (n=30)	61-70 (n=30)	>70 (n=30)
Δ MET	≤50 (n=30)		0,964	0,981	0,753
	51-60 (n=30)	0,964		0,799	0,953
	61-70 (n=30)	0,981	0,799		0,912
	>70 (n=30)	0,753	0,953	0,912	
Δ Czas /Time	≤50 (n=30)		0,896	0,998	0,945
	51-60 (n=30)	0,896		0,936	0,869
	61-70 (n=30)	0,998	0,936		0,853
	>70 (n=30)	0,945	0,869	0,852	
ΔVO2max	≤50 (n=30)		0,933	0,991	0,835
	51-60 (n=30)	0,933		0,888	0,902
	61-70 (n=30)	0,991	0,888		0,994
	>70 (n=30)	0,835	0,902	0,994	

**Tabela 4. Wyniki badania echokardiograficznego serca pacjentów – wg grup wiekowych**

Wiek (w latach)	≤50 (n=30)	p	51-60 (n=30)	p	61-70 (n=30)	p	>70 (n=30)	p
LVEDD I	50,53±5,70		53,70±7,38		53,30±6,58		52,70±6,10	
LVEDD II	51,33±4,72	0,000	53,17±7,59	0,762	53,43±5,75	0,761	53,10±5,89	0,313
Δ [mm]	0,80		-0,53		0,13		0,40	
LVESD I	34,10±4,37		38,60±9,61		37,80±8,29		37,93±7,49	
LVESD II	33,27±4,14	0,119	36,50±10,67	0,059	37,63±7,41	0,764	37,73±7,14	0,680
Δ [mm]	-0,83		-2,10		-0,17		-0,20	
IVS I	10,87±1,57		10,50±1,93		10,80±1,81		11,00±1,82	
IVS II	10,40±1,35	0,064	10,90±1,65	0,058	10,60±1,75	0,477	11,23±1,78	0,979
Δ [mm]	-0,47		0,40		-0,20		0,23	
LVPW I	10,40±1,28		10,83±1,66		10,03±1,56		10,50±1,91	
LVPW II	10,37±1,00	0,758	11,07±1,51	0,049	10,37±1,27	0,113	10,27±47,67	0,274
Δ [mm]	-0,03		0,24		0,34		-0,23	
LVEF I	46,60±4,27		42,83±6,12		43,23±5,79		44,47±7,08	
LVEF II	49,23±5,03	0,000	46,30±5,72	0,000	45,80±5,60	0,000	47,67±7,16	0,000
Δ [mm]	2,63		3,47		2,57		3,20	
LA I	32,27±7,31		38,20±7,49		36,97±8,01		39,73±4,89	
LA II	32,53±6,87	0,701	38,23±7,19	0,899	36,17±7,68	0,096	38,87±6,55	0,319
Δ [mm]	0,26		0,03		-0,80		-0,86	
LVM I	105,17±22,72		122,57±29,80		114,16±30,44		118,28±39,73	
LVM II	103,98±17,97	0,717	121,96±38,32	0,872	114,58±24,24	0,887	118,55±38,45	0,932
Δ [mm]	-1,19		-0,61		0,42		0,27	

Tabela 5. Analiza zmian wskaźników echokardiograficznych w odniesieniu do grup wiekowych

Parametry	Wiek (w latach)	≤50 (n=30)	51-60 (n=30)	61-70 (n=30)	>70 (n=30)
Δ LVEDD	≤50 (n=30)	0,783	0,814	0,901	
	51-60 (n=30)	0,783	0,789	0,963	
	61-70 (n=30)	0,814	0,789	0,983	
	>70 (n=30)	0,901	0,963	0,983	
Δ LVESD	≤50(n=30)		0,103	0,419	0,413
	51-60 (n=30)	0,103		0,052	0,057
	61-70 (n=30)	0,419	0,052		0,966
	>70 (n=30)	0,413	0,057	0,966	
Δ IVS	≤50 (n=30)		0,961	0,992	0,873
	51-60 (n=30)	0,961		0,859	0,243
	61-70 (n=30)	0,992	0,859		0,654
	>70 (n=30)	0,873	0,243	0,654	
Δ LVPW	≤50 (n=30)		0,943	0,905	0,991
	51-60 (n=30)	0,943		0,832	0,999
	61-70 (n=30)	0,905	0,832		0,389
	>70 (n=30)	0,991	0,999	0,389	
Δ LVEF	≤50 (n=30)		0,879	0,982	0,958
	51-60 (n=30)	0,879		0,963	0,912
	61-70 (n=30)	0,982	0,963		0,951
	>70 (n=30)	0,958	0,912	0,951	
Δ LA	≤50 (n=30)		0,977	0,932	0,999
	51-60 (n=30)	0,977		0,966	0,912
	61-70 (n=30)	0,932	0,966		0,962
	>70 (n=30)	0,999	0,912	0,962	
Δ LVMI	≤50 (n=30)		0,999	0,985	0,989
	51-60 (n=30)	0,999		0,966	0,998
	61-70 (n=30)	0,985	0,966		0,999
	>70 (n=30)	0,989	0,998	0,999	

Tabela 6. Korelacja różnic (Δ) wyników elektrokardiograficznej próby wysiłkowej z różnicami (Δ) wyników badania echokardiograficznego serca – wg grup wiekowych

Wiek (w latach)	Parametry	Δ LVEF [%]		Δ LVMI [g/m <sup>2</sup> ]	
		r	p	r	p
≤50 (n=30)	Δ MET	-0,107	0,573	0,161	0,395
	Δ Czas [min]	-0,149	0,431	-0,008	0,966
	Δ VO <sub>2max</sub> [ml/kg/min]	-0,014	0,943	0,010	0,960
51-60 (n=30)	Δ MET	0,087	0,646	0,411	0,024
	Δ Czas [min]	0,215	0,254	0,108	0,569
	Δ VO <sub>2max</sub> [ml/kg/min]	0,180	0,341	0,157	0,406
61-70 (n=30)	Δ MET	0,034	0,857	0,339	0,067
	Δ Czas [min]	0,600	0,752	0,204	0,279
	Δ VO <sub>2max</sub> [ml/kg/min]	0,099	0,601	0,095	0,619
>70 (n=30)	Δ MET	-0,054	0,775	-0,497	0,005
	Δ Czas [min]	-0,141	0,458	-0,310	0,096
	Δ VO <sub>2max</sub> [ml/kg/min]	-0,069	0,718	-0,324	0,081

uzyskanych wyników nie stwierdzono istotnych zależności. W badanej grupie mężczyzn w wieku 51–60 lat stwierdzono przeciętną, dodatnią zależność ( $r=0,411$ ;  $p=0,024$ ) pomiędzy różnicą wskaźnika masy lewej komory serca ( $\Delta$  LVMI), a różnicą równoważnika metabolicznego ( $\Delta$  MET) oraz ujemną w najstarszej grupie ( $r=-0,497$ ;  $p=0,005$ ). W obrębie pozostałych parametrów nie wykazano znaczących korelacji.

## Dyskusja

Wyniki badań zaprezentowane w pracy wykazują brak różnic w efektywności poszpitalnej, ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej wśród mężczyzn w poszczególnych grupach wiekowych. Wzrost wydolności fizycznej i tolerancji wysiłku dotyczył wszystkich grup wiekowych pacjentów biorących udział w badaniach, co potwierdzają również badania Kielnar i wsp. [7] Należy więc przypuszczać, że wiek metrykalny pacjentów po przebytym zawale mięśnia sercowego z obniżoną wyjściowo EF% nie wpływa znacząco na zdolność wysiłkową. Jednoznacznie tezę, na ten temat sformułował na podstawie swoich badań Klimek i wsp. [8]. Określając wielkość dozwolonego obciążenia treningiem fizycznym u pacjentów po zawale mięśnia sercowego, nie należy uważać wieku metrykalnego pacjentów za główny wskaźnik prognostyczny ich wydolności i tolerancji wysiłku. Wyniki własne są tego potwierdzeniem. Również frakcja wyrzutowa lewej komory serca nie powinna być głównym determinantem wpływającym i określającym skuteczność usprawniania kardiologicznego pacjentów po zawale serca i dlatego też, podobnie jak wiek, nie powinna być uwzględniana, jako główne kryterium kwalifikujące pacjentów do konkretnego modelu rehabilitacji kardiologicznej. Niezbędnym narzędziem oceniającym poziom tolerancji wysiłkowej oraz kwalifikującym pacjenta po zawale mięśnia sercowego do bezpiecznych programów usprawniania kardiologicznego jest elektrokardiograficzna próba wysiłkowa [9-12]. Według Kośmickiego, zdrowy 40-letni mężczyzna powinien wykonywać bez nadmiernego zmęczenia aktywności fizyczne wymagające wydatku energetycznego do 10 MET. Wartość 7 MET uznana została za dolną granicę normy zdolności do pokonywania wysiłku na bieżni ruchomej, natomiast zakończenie próby przy wartości obciążenia 5 MET świadczy według autora o znacznym ograniczeniu tolerancji wysiłku. Z kolei możliwość swobodnego uzyskania przez dorosłego mężczyznę, niebędącego zawodnikiem sportowym obciążeń, które wymagają wydatku energetycznego na poziomie 12 MET i więcej oznaczają bardzo dobre wytrenowanie i tolerancję podejmowanych wysiłków [13]. W konsekwencji regularnie podejmowanej i odpowiednio zaplanowanej aktywności fizycznej najmocniej akcentowanymi i widocznymi zmianami świadczącymi o poprawie wydolności są: wydłużenie czasu trwania oraz pokonanego w czasie testu dystansu, wzrost wartości  $VO_{2max}$  i jednostki metabolicznej MET. Prognostyczne znaczenie w ocenie tolerancji wysiłku wskaźnika  $VO_{2max}$  kojarząc wydolność fizyczną z 'wydolnością tlenową' – zdolnością do długotrwałej pracy o umiarkowanej lub dużej intensywności, przedstawia w swoich publikacjach wielu autorów [12-15]. Według Nowak [6] i Smarż [12] osiągnięcie maksymalnego zużycia tlenu u pacjentów z dysfunkcją układu krążenia jest prze-

ważnie niemożliwe i sporadycznie spotykane ze względu na częste przerywanie testu przed osiągnięciem przez pacjenta parametrów maksymalnych. Autorzy uważają, że dla oceny możliwości wysiłkowych pacjentów kardiologicznych powinien być wykorzystywany parametr oceniający zużycie tlenu na szczycie wysiłku tolerowanego obciążenia ( $peakVO_2$ ). Jest to ilość pobieranego tlenu przy wysiłku na poziomie 15-16 punktów według skali Borga, określana jako nieinwazyjny parametr minutowego rzutu serca oraz jego odpowiedzi na wysiłek. Jednocześnie autorzy podkreślają fakt, iż aby test był przydatny pod względem diagnostycznym, należy przekroczyć próg wentylacji bez-tlenowej [6, 12, 13]. Dobraszkievicz-Wasilewska i wsp. [16] oceniając wpływ treningu interwałowego na cykloergometrze na zmianę wskaźników krążeniowo-oddechowych, zaobserwowali poprawę tolerancji wysiłku i wydolności fizycznej na podobnym poziomie u pacjentów po zawale mięśnia sercowego. Domka-Jopek i wsp. [9] badając grupę 12169 mężczyzn chorych na chorobę wieńcową wykazali, iż najważniejszym wskaźnikiem predykcyjnym śmiertelność była obniżona tolerancja wysiłku. Wyniki badań własnych wskazują na poprawę tolerancji wysiłku we wszystkich badanych grupach wiekowych. W zakresie wszystkich ocenianych parametrów elektrokardiograficznej próby wysiłkowej zaobserwowane pozytywne zmiany miały charakter istotny statystycznie. O poprawie wydolności fizycznej badanych świadczy wydłużenie czasu trwania próby wysiłkowej ( $p=0,000$ ), wzrost maksymalnego poboru tlenu  $VO_{2max}$  ( $p=0,000$ ), a także wzrost wydatku energetycznego wyrażonego w jednostkach MET ( $p=0,000$ ).

Zbieżny kierunek analiz zaprezentowali także w swoich pracach Paduch i wsp. [10, 11] oraz Jureczko i wsp. [17], wykazując u pacjentów po zakończeniu stacjonarnej rehabilitacji kardiologicznej poprawę wydolności fizycznej. Potwierdzeniem dla wyników badań własnych są analizy Deskur-Śmieleckiej i wsp. [18]. Autorzy wykazali 17-53% znamiennej poprawę wydolności fizycznej będącej konsekwencją uczestnictwa pacjentów w programach rehabilitacji kardiologicznej, opartych na treningu wytrzymałościowym trwającym ok. 3 miesiące. Zwracają też uwagę, że w większości przypadków uzyskany poziom poprawy wydolności i wytrzymałości fizycznej pacjentów ze starszych grup wiekowych był bardzo zbliżony lub nawet wyższy od parametrów uzyskanych przez pacjentów młodszych.

Analiza kosztu energetycznego MET w badanej grupie własnej wskazała na istotną poprawę w stosunku do badań wstępnych wykonanych przed rozpoczęciem poszpitalnej, ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej ( $p=0,000$ ). W najstarszej grupie pacjentów (>70 lat) zarówno wstępne (przed rehabilitacją), jak i końcowe (po zakończeniu turnusu rehabilitacyjnego) wartości wskaźnika MET były najniższe w stosunku do pozostałych osób (odpowiednio:  $5,75 \pm 2,39$  i  $8,00 \pm 2,50$ ), natomiast w grupie najmłodszych mężczyzn ( $\leq 50$  lat) prezentowały wartości najwyższe (odpowiednio:  $8,82 \pm 2,43$  i  $10,74 \pm 2,66$ ). Otrzymane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że poszpitalna, ambulatoryjna rehabilitacja kardiologiczna wpływała na poprawę tolerancji wysiłku bez względu na wyjściowe wartości wskaźnika MET. Podobne wyniki badań uzyskali Pabisiak i wsp. [4], oceniając grupę 61 pacjentów po zawale mięśnia sercowego podda-

nych ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej. Zaobserwowali oni istotny wzrost wskaźnika MET u wszystkich pacjentów bez względu na wyjściowe wartości ocenianego parametru, jednak obserwując większą poprawę u pacjentów z grupy słabszej. Potwierdzeniem tych obserwacji są badania Liban-Gałki i wsp. [2]. Przysada i wsp. [19] z kolei oceniali zmianę tolerancji wysiłku oraz subiektywną ocenę zmęczenia 158 pacjentów po przebytych zawale serca i wykonanym zabiegu CABG, uczestniczących w programie usprawnianiu kardiologicznego. Chorych podzielono na 3 grupy wiekowe (<60, 60-69 i ≥70 lat), uwzględniając płeć badanych, a także masę ciała (otyłość, nadwaga, norma). Autorzy dowiedli poprawę analizowanych parametrów w zakresie tolerancji wysiłku oraz subiektywnej oceny zmęczenia we wszystkich ocenianych grupach wiekowych.

Współcześnie echokardiografia jest jedną z fundamentalnych procedur w ocenie niewydolności serca, zarówno przewlekłej, jak i ostrej [20]. Stała się także niezbędnym narzędziem diagnostycznym w dysfunkcjach układu krążenia, dając możliwość nieinwazyjnej i szybkiej oceny funkcji oraz struktur anatomicznych serca [21]. Nie do końca jednak w dalszym ciągu poznana jest zależność wpływu treningu fizycznego na funkcję i strukturę mięśnia sercowego u pacjentów po przebytych zawale serca. W omawianej pracy dokonano w celu oceny efektywności II etapu usprawniania kardiologicznego analizy wskaźników hemodynamicznych lewej komory serca z uwzględnieniem podziału na grupy wiekowe. W badaniu wykonanym przed rozpoczęciem szpitalnej, ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej średni wymiar końcoworozkurczowy (LVEDD), końcowoskurczowy (LVESD), wymiar przegrody międzykomorowej (IVS), wymiar rozkurczowy tylnej ściany lewej komory serca (LVPW) oraz wymiar przednio-tylny lewego przedsionka (LA) mieściły się w granicach obowiązującej normy. Nie zaobserwowano również istotnie statystycznych zmian w ocenie wymienionych parametrów po zakończeniu programu usprawniania. Najczęściej wykorzystywanym parametrem w ocenie funkcji mięśnia sercowego jest frakcja wyrzutowa lewej komory serca. Im bardziej natężone są zaburzenia czynności skurczowej, tym bardziej poziom frakcji wyrzutowej odbiega od wartości prawidłowych [22]. Istnieje niewiele doniesień poświęconych pacjentom z wyjściowo niską frakcją wyrzutową (35-50%). Według European Society of Cardiology (ESC) stanowią oni tzw. szarą strefę, a prawdopodobnie odznaczają się umiarkowanymi zaburzeniami funkcji skurczowej. W badaniach własnych wstępna średnia wartość frakcji wyrzutowej odbiegała od obowiązującej normy, gdyż było to jedno z głównych kryteriów kwalifikujących pacjentów do uczestnictwa w programie (LVEF<50%). W badaniu kontrolnym (po zakończeniu programu usprawniania) zaobserwowano istotny statystycznie wzrost LVEF% we wszystkich badanych grupach wiekowych (p=0,000), świadczący niezaprzeczalnie o poprawie funkcji i kurczliwości lewej komory serca na skutek zastosowanego treningu fizycznego. Pabisiak i wsp. [4] oceniając LVEF% w 2 grupach znacznie różniących się wyjściową tolerancją wysiłku (3,17±0,67 MET vs. 7,21±1,85 MET) dowiedli, iż wartość LVEF% w obydwu badanych grupach była wyższa po zakończeniu programu (8 tygodni, 24 sesje treningowe) niż przed jego rozpoczę-

ciem, jednak w grupie o wyjściowo niższej tolerancji wysiłku były to zmiany bardziej wyraźne i istotne statystycznie, niż u pacjentów z grupy o większej wydolności wyjściowej. W ocenie własnej wartości frakcji wyrzutowej, ocenionej w badaniu kontrolnym prezentowała istotny statystycznie pozytywny kierunek zmian we wszystkich grupach wiekowych bez względu na wyjściową tolerancję wysiłku pacjentów uczestniczących w programie. Potwierdzają to badania Storch-Ucziwek i wsp. [23] oraz Pabisiak i wsp. [4]. Według tych autorów upośledzenie pracy skurczowej lewej komory serca nie zawsze musi być związane z obniżeniem tolerancji wysiłkowej, a wielu pacjentów z obniżoną frakcją wyrzutową jest w stanie wykonywać wysiłek o natężeniu umiarkowanym 4-6 MET. Istotny wzrost LVEF% po zakończeniu programu usprawniania obserwowali w swoich badaniach także Pabisiak i wsp. [4], Podsiadły i wsp. [15] oraz Piesterziewicz i wsp. [24].

W pracy podjęto próbę oceny korelacji różnic ( $\Delta$ ) wyników elektrokardiograficznej próby wysiłkowej z różnicami ( $\Delta$ ) wyników badania echokardiograficznego serca. W badanych grupach, za wyjątkiem najmłodszej grupy mężczyzn (≤50 lat) oraz pacjentów z grupy 61-70 lat, analiza wykazała korelację zmian wielkości wydatku kalorycznego ( $\Delta$  MET) ze zmianami parametru ocenianego indeksu masy mięśnia lewej komory serca ( $\Delta$  LVMI). Przypuszczać można, że uzyskane korelacje w pozostałych grupach (51-60 i >70 lat) miały związek z ponadnormatywnymi, wyższymi niż w pozostałych dwóch ocenianych grupach wiekowych wartościami LVMI w badaniu wstępnym i kontrolnym. Wśród najmłodszej ocenianej grupy oraz wśród mężczyzn z grupy wiekowej 61-70 lat średnia wartość LVMI mieściła się w granicach obowiązującej normy, natomiast w pozostałych dwóch grupach wiekowych średnia wartość parametru oceniona została powyżej normy. Nieistotne statystycznie zmiany mówiące o obniżeniu indeksu uzyskano w grupie pacjentów najmłodszych oraz w wieku 51-60 lat; w pozostałych ocenianych grupach był to niewielki i nieistotny z punktu widzenia statystyki wzrost wskaźnika w stosunku do badania wstępnego, co mogło być spowodowane zbyt krótkim okresem obserwacji. Warto zwrócić uwagę, że u wszystkich badanych pacjentów odnotowano nadwagę, która mogła również wpływać na ponadnormatywny poziom LVMI. Pozostaje on w ścisłej korelacji z powierzchnią ciała, na którą z kolei wpływ ma masa ciała, która w badanej grupie mieściła się poza granicami normy, zarówno przed, jak i po zakończeniu programu. Jednak jak podaje Rojek i wsp. [25] w przypadku pacjentów otyłych przerost lewej komory oceniany na podstawie wskaźnika masy lewej komory serca jest niedoszacowany.

Reasumując, korelacja wpływu treningu fizycznego na parametry hemodynamiczne i czynność lewej komory serca nie została jeszcze do końca dokładnie zbadana i oceniona. Niezaprzeczalnym jest jednak fakt, że podejmowany w ramach kompleksowej rehabilitacji kardiologicznej trening fizyczny poprawia rokowanie u pacjentów po zawale mięśnia sercowego, a literatura coraz częściej prezentuje doniesienia o pozytywnym lub neutralnym wpływie prowadzonego treningu fizycznego na strukturę i morfologię lewej komory serca, co również potwierdzają wyniki badań własnych.

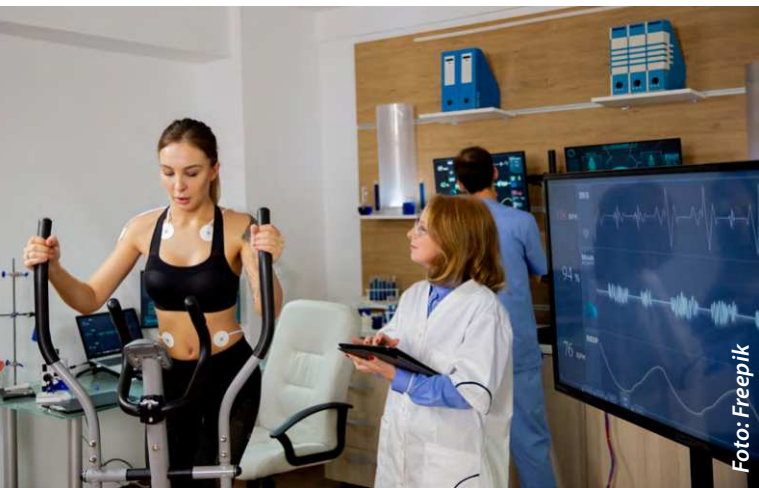


Foto: Freepik

## Wnioski

Nie udowodniono związku pomiędzy wiekiem i funkcją skurczową lewej komory serca u pacjentów po zawale mięśnia sercowego, a efektem II etapu usprawniania kardiologicznego ocenianym na podstawie elektrokardiograficznej próby wysiłkowej na bieżni mechanicznej oraz badania echokardiograficznego W przebiegu poszpitalnej, ambulatoryjnej rehabilitacji kardiologicznej wszyscy badani pacjenci odnieśli korzyści, bez względu na wiek i wyjściowe parametry frakcji wyrzutowej.

Wiek i frakcja wyrzutowa lewej komory serca nie powinny być określane jako jedyne kryteria kwalifikujące pacjentów do odpowiedniego modelu rehabilitacji kardiologicznej po zawale mięśnia sercowego.

## Literatura

- [1] Lewandowska A. Rola rehabilitacji w profilaktyce i leczeniu otyłości. *Rehabil Prakt* 2013, 4: 26-32.
- [2] Liban-Gałka B, Barylski M, Bujacz-Jędrzejczak U i wsp. Korzystna rola rehabilitacji kardiologicznej u chorego z zaawansowaną niewydolnością serca i po zabiegu chirurgicznej rewaskularyzacji mięśnia sercowego. *Geriatrics* 2008, 2: 285-291.
- [3] Zapolski T, Kucharska M, Wysokiński A, Nasiłowska-Barud A. Skuteczność zabiegów fizjoterapeutycznych w ocenie własnej osób rehabilitowanych z powodu zawału serca. *Kardioprofil* 2012, 10(1): 36-47.
- [4] Pabisiak A, Matek W, Lisowska M, Smoleński O. Wpływ rehabilitacji ambulatoryjnej na zmianę parametrów wysiłkowych osób po zawale serca o różnej wydolności wyjściowej. *Post Rehab* 2012, 26(2): 37-41.
- [5] Kompleksowa rehabilitacja kardiologiczna. Stanowisko Komisji ds. Opracowania Standardów Rehabilitacji Kardiologicznej Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Materiały zalecane przez Sekcję Rehabilitacji Kardiologicznej i Fizjologii Wysiłku Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. *Folia Cardiol* 2004, 11(Supl. A): A1-A48.
- [6] Nowak Z. Prospektywna ocena przydatności kwestionariuszy aktywności fizycznej u chorych poddanych interwencjom wieńcowym. *AWF w Katowicach*, Katowice 2006.
- [7] Kielnar R, Janas M, Domka-Jopek E. Wpływ usprawniania ambulatoryjnego na wydolność fizyczną pacjentów po zawale mięśnia sercowego. *Prz Med Uniw Rzesz* 2008, 6(3): 220-225.
- [8] Klimek A, Frączek B. Różnice w poziomie tolerancji wysiłkowej kobiet i mężczyzn po przebytym zawale mięśnia sercowego. *Med Sport* 2005, 21(4): 271-277.
- [9] Domka-Jopek E, Kwolek A, Jopek A. Ocena wydolności fizycznej u osób przechodzących ambulatoryjną rehabilitację kardiologiczną z zastosowaniem

metody obiektywnej i subiektywnej. *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków* 2013, 4: 448-460.

- [10] Paduch P. Wpływ ambulatoryjnej rehabilitacji na wydolność fizyczną pacjentów po przebytym zawale serca. *Post Rehab* 2013, 27(3): 21-26.
- [11] Paduch P, Burda A. Porównanie aktywności ruchowej osób po zawale serca leczonych zabiegiem angioplastyki wieńcowej oraz pomostowania aortalno-wieńcowego za pomocą kwestionariusza Minnesota. *Folia Cardiol Exc* 2013, 8(1): 14-17.
- [12] Smarż K. Metody diagnostyczne i terapeutyczne w rehabilitacji kardiologicznej. Testy po zawale serca u chorych z niewydolnością serca. *Post Nauk Med* 2008, 10: 669-676.
- [13] Kośmicki MA. Choroba niedokrwienna serca. Badania ergometryczne w diagnostyce choroby wieńcowej. *KOF* 2010, 3: 229-249.
- [14] Bromboszcz J, Dylewicz P. Rehabilitacja kardiologiczna. Stosowanie ćwiczeń fizycznych. [w:] Układ krążenia a wysiłek fizyczny. *Jegier A (red). JAIM*, Kraków 2009: 15-39.
- [15] Podsiadły K, Kowacz K, Niewiadomski P i wsp. Ocena wydolności pacjentów poddanych małoinwazyjnemu leczeniu kardiologicznemu. *Rehab Prakt* 2012, 4: 84-87.
- [16] Dobraszkiewicz-Wasilewska B, Mazurek K, Piotrowicz R. Korzyści zdrowotne treningu interwałowego na ergometrze rowerowym u pacjentów z chorobą wieńcową. *Med Sport* 2009, 25(1): 41-50.
- [17] Jureczko M, Włoka J. Analiza tolerancji wysiłku fizycznego u pacjentów po przebytym zawale serca. *Folia Cardiol Exc* 2013, 8 (2): 37-43.
- [18] Deskur-Śmielecka E, Józwiak A, Dylewicz P. Rehabilitacja kardiologiczna u osób w podeszłym wieku. *Kardiol Pol* 2008; 66 (6): 684-687.
- [19] Przysada G, Smerecka D, Rykała J i wsp. Analiza tolerancji wysiłku oraz ocena zmęczenia u pacjentów po pomostowaniu tętnic wieńcowych poddanych rehabilitacji kardiologicznej. *Med Rev* 2014, 2: 141-151.
- [20] Gilewski W, Świątkiewicz I, Sinkiewicz W i wsp. Znaczenie tkankowej echokardiografii dopplerowskiej w diagnostyce niewydolności serca. *Folia Cardiol Exc* 2008, 3(5): 227-235.
- [21] Kujawski M, Zaborska B, Referowska M i wsp. Zastosowanie kompleksowej ultrasonografii w intensywnej terapii kardiologicznej. *Post Nauk Med* 2015, 28(11B): 84-90.
- [22] Grupa robocza Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego (ESC) ds. Rozpoznania oraz Leczenia Ostrej i Przewlekłej Niewydolności Serca działająca we współpracy z Asocjacją Niewydolności Serca ESC (HFA). Wytyczne ESC dotyczące rozpoznania oraz leczenia ostrej i przewlekłej niewydolności serca na rok 2012. *Kardiol Pol* 2012, 70(Supl II): 101-176.
- [23] Storch-Ucziwek A, Plewa M, Nowak Z. Przydatność sześciominutowego testu marszowego w ocenie tolerancji wysiłkowej pacjentów po pomostowaniu naczyń wieńcowych (CABG). *Fizjoterapia* 2006, 14(2): 3-10.
- [24] Piestrzeniewicz K, Navarro-Kuczborska N, Bolińska H i wsp. Korzystne efekty kompleksowej rehabilitacji kardiologicznej u osób do 55 roku życia, po zawale mięśnia sercowego, leczonych za pomocą pierwotnej angioplastyki. *Pol Arch Med Wew* 2004, 111(3): 309-317.
- [25] Rojek A, Cholewińska D, Rosłonkiewicz K, Świerblewska E. Miejsce echokardiografii w diagnostyce i terapii nadciśnienia tętniczego. *Chor Serca Naczyń* 2007, 4(2): 70-77.

Artykuł został po raz pierwszy opublikowany w czasopiśmie „Hygeia Public Health”, 2019, 54(3), s. 192-200.

**Agata Nowak, dr hab. n. o kul. fiz. Zbigniew Nowak, Aleksandra Baryła**

Katedra Fizjoterapii, Zakład Fizjoterapii w Chorobach Wewnętrznych, Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach

# Monitorowany trening w chorobach układów krążenia i oddechowego. Dlaczego jest tak ważny?

## Umiarkowana, ale regularna aktywność fizyczna

– Umiarkowana regularna aktywność fizyczna to kluczowy element zdrowego stylu życia. Jest to rodzaj ćwiczeń, który nie jest zbyt intensywny, ale wystarczająco wymagający, aby przynosić korzyści zdrowotne. Zawsze przed rozpoczęciem monitorowanego treningu, zwłaszcza w przypadku jakichkolwiek istniejących schorzeń, warto skonsultować się z lekarzem lub specjalistą rehabilitacji, aby ocenić, czy jest to bezpieczna i odpowiednia forma aktywności. Najbardziej korzystnym wysiłkiem dla zdrowia jest tzw. trening aerobowy, nazywany inaczej tlenowym, który poprawia ogólną wytrzymałość oraz wydolność organizmu. Szczególnie polecane formy aktywności to spacer lub marsz – co najmniej 30 minut dziennie, jazda na rowerze – na poziomie rekreacyjnym, pływanie, taniec – w umiarkowanym tempie, nordic walking, ćwiczenia ogólnousprawniające czy prace domowe – wymienia Magdalena Madecka-Rakus, American Heart of Poland.

## Trening pod kontrolą?

Jak dodaje fizjoterapeutka, u osób z niewydolnością serca, stosowane są przede wszystkim ćwiczenia krążeniowo-oddechowe, ćwiczenia oddechowe: torem górno-, dolnożebrowym i przeponowym, ćwiczenia przeciwzakrzepowe, ćwiczenia dynamiczne izometryczne oraz relaksacyjne, koordynacyjne i równoważne. Bardzo dobrym uzupełnieniem będzie indywidualnie dobrany trening ogólnousprawniający oraz wytrzymałościowy – monitorowany.

– Podczas takiego treningu, pacjentowi podpinane są w odpowiedni sposób, elektrody oraz zakładany mankieta do pomiaru ciśnienia tętniczego. Obciążenie jest dobierane indywidualnie, na podstawie wyników uzyskanych w trakcie próby wysiłkowej, zgodnie z wynikami innych badań, stanem zdrowia, chorobami współistniejącymi, masą ciała. Taki trening wykonywany jest w formie interwałowej lub stałej i odbywa się w specjalistycznym gabinecie wyposażonym w cykloergometrię rowerową z urządzeniami



Foto: Freepik

**Osobom zmagającym się ze schorzeniami układu krążenia oraz układu oddechowego zalecana jest umiarkowana, ale regularna aktywność fizyczna indywidualnie ustalona z lekarzem lub fizjoterapeutą. Odpowiedni wysiłek fizyczny ma znaczący wpływ na pracę układu oddechowego oraz krążeniowego, a zmiany zachodzące podczas aktywności fizycznej są kluczowym elementem dla utrzymania prawidłowej wydolności fizycznej i stanu zdrowia. Ważną rolę odgrywa tu trening- najlepiej monitorowany przez fizjoterapeuta. Jak wygląda taki trening i dlaczego wysiłek fizyczny jest ważny dla pacjentów chorujących na schorzenia układu krążeniowego i oddechowego? Opowiada Magdalena Madecka-Rakus, fizjoterapeutka Uzdrowiska Ustroń, American Heart of Poland.**

monitorującymi pracę serca, tętna oraz ciśnienia tętniczego – mówi Magdalena Madecka-Rakus.

## Jak regularna aktywność fizyczna poprawia wydolność krążeniowo-oddechową?

– Aktywność fizyczna ma znaczący wpływ na pracę układu oddechowego oraz krążeniowego – głównie zwiększamy wentylację minutową, czyli objętość powietrza wdychaną i wydychaną w ciągu jednej minuty - znacznie się zwiększa, aby zaspokoić zwiększone zapotrzebowanie na tlen i usuwanie dwutlenku węgla. Oto główne zmiany zachodzące podczas wysiłku fizycznego: ćwiczenia wpływają pozytywnie na układ krążeniowo-oddechowy, na funkcję skurczową i rozkurczową serca, zapewniając lepszy przepływ krwi oraz korzystniejsze samopoczucie oraz poprawiają wytrzymałość mięśniową – podkreśla ekspertka z Uzdrowiska Ustroń.

– Regularne ćwiczenia zwiększają częstość oraz głębokość oddechu - co oznacza, że większa objętość powietrza jest wdychana i wydychana podczas każdego cyklu oddechowego. Dlatego nasze mięśnie oddechowe stają się silniejsze, pracują wydajniej, a klatka piersiowa jest bardziej



Foto: Freepik

ruchoma. Dzięki temu poprawia się wydolność płuc, co łagodzi objawy chorób oddechowych i sprawia, że codzienne czynności stają się mniej męczące, poprawiając ogólne samopoczucie – wskazuje Magdalena Madecka-Rakus.

Regularne uprawianie ćwiczeń fizycznych odgrywa ważną rolę w profilaktyce cukrzycy typu II, nadwagi, choroby niedokrwiennej mięśnia sercowego, nowotworu jelita grubego, depresji oraz innych chorób. Aktywność fizyczna sprzyja redukcji lęku, poprawia nastrój, nasza samoocena wzrasta, sprawność fizyczna ulega lepszej wydolności - wzmacniamy mięśnie i kości, poprawiamy jakość snu. Poprawia się jakość życia, a także zwiększa jego długość. Osobom regularnie wykonującym ćwiczenia o umiarkowanej intensywności dodaje się rok, 2 lata życia. Natomiast aktywność fizyczna, w połączeniu z innymi prozdrowotnymi zachowaniami, może zwiększyć przewidywaną długość życia nawet o 5-6 lat.

Zaleca się, aby dorośli podejmowali co najmniej 150 minut umiarkowanej aktywności tygodniowo, co można rozłożyć na dowolne okresy w ciągu tygodnia. Regularność i konsekwencja jest niezbędna, więc warto znaleźć aktywność, która sprawia przyjemność, co ułatwi jej utrzymanie na dłuższy czas.

### Jak rozpocząć rehabilitację?

Na rehabilitację skierowanie można otrzymać od lekarza Podstawowej Opieki Zdrowotnej lub z oddziału, na który pacjent trafił w związku ze schorzeniami układu krążenia i układu oddechowego. Rehabilitacja rozpoczyna się wizytą lekarską oceniającą stan układu krążenia czy układu oddechowego. Następnie na podstawie badań diagnostycznych przygotowujemy jest program ćwiczeń i zabiegów,

dostosowany do kondycji pacjenta. Program zabiegowy opracowywany jest według nowych standardów rehabilitacji. W ramach rehabilitacji pacjent ma zapewnioną fizjoterapię z monitorowanym treningiem.

Rehabilitacja, w ramach której realizowana jest fizjoterapia z treningiem monitorowanym, odbywa się w Uzdrowisku Ustroń, American Heart of Poland w ramach umowy z Narodowym Funduszem Zdrowia.

### Przeciwwskazania

Monitorowany trening może być bardzo skuteczną formą ćwiczeń, ale nie jest odpowiedni dla każdego.

Przeciwwskazaniami do tego typu treningu są zarówno stany zdrowotne, jak i specyficzne problemy fizyczne. Oto niektóre z głównych przeciwwskazań: choroby nowotworowe w przeszłości, nagła utrata masy ciała, narastające osłabienie lub/i wycieńczenie organizmu, gorączka lub stan podgorączkowy, obrzęk jednego lub więcej stawów bez wyjaśnionej przyczyny, zaburzenia napięcia mięśniowego, zaburzenia równowagi i krótkotrwałe utraty świadomości, tętno spoczynkowe powyżej 100 ud./min. i mniej niż 50, ciśnienie tętnicze krwi powyżej 160/95 lub poniżej 90/50.

Przestrzeganie tych przeciwwskazań pomoże zminimalizować ryzyko i zapewnić, że trening przyniesie korzyści zdrowotne bez narażania na niebezpieczeństwo.

Pamiętaj, że zdrowy styl życia ma pozytywny wpływ na cały organizm, w tym na układ oddechowy oraz krążeniowy. Regularna troska o serce i płuca przyczynia się do długoterminowego utrzymania organizmu w dobrej formie.

**American Heart of Poland S.A.**

# Każdy decybel ma znaczenie. Badaj słuch w kabinie ciszy

Jako firma, która od lat produkuje i montuje kabiny audiometryczne, chciałbym zaprezentować ofertę naszych wyrobów. Kabiny są produkowane wg mojego pomysłu i projektu, są Wyrobem Medycznym klasy pierwszej, posiadają wszelkiego rodzaju atesty oraz badania izolacyjności. Dodatkowo zostały zgłoszone w Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych.

Nasze kabiny znajdują się np. w Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie, Warszawskim Uniwersytecie Medycznym, Muzeum Piosenki Polskiej w Opolu oraz wielu innych klinikach, szpitalach, przychodniach oraz gabinetach laryngologicznych, audiologicznych i medycyny pracy. Znajdziecie je Państwo również w innych krajach.

W ofercie posiadamy dziewięć typów kabin o różnych wielkościach (od rozmiaru 90 cm do 250 cm). W przypadku indywidualnych potrzeb zawsze mamy możliwość przygotować kabinę pod konkretny wymiar.

Oferujemy kompleksową obsługę od początku procesu zakupu, aż po końcowy montaż i standardową lub przedłużoną gwarancję. Dzięki współpracy z naszymi Partnerami możemy kompleksowo wyposażać kabinę w różne akcesoria.

Poprzez dopracowanie etapu projektowania, produkcji oraz kontroli, po złożeniu przez monterów, nasze kabiny są gotowe do pracy. Jako producent zawsze jesteśmy pozy-

tywnie nastawieni do współpracy z klientem oraz, w przypadku długoterminowej współpracy, elastyczni cenowo. Zapraszam również do odwiedzenia naszej strony:

**<https://www.kabinciszy.pl/>**

gdzie znajdą Państwo ciekawe informacje na temat izolacyjności oraz pełne opisy naszych kabin.

Przykładowo  
zmontowana  
kabina Kc-110



## Przykładowa kabina Kc-110

Wymiary zewnętrzne – 110x110x215 cm, kolor biały, wykończenie wewnątrz – szare. Wentylacja grawitacyjna. Strona okna oraz strona otwierania drzwi są ustalane w trakcie składania zamówienia. Gwarancja 24 miesiące.

Przykładowa cena (netto) obowiązująca wiosną 2024 roku:

Kabina KC-110 – cena netto 20764,68 zł VAT 8%. Do ceny, należy doliczyć montaż – 1000 zł oraz ewentualny demontaż i utylizację starej kabiny 1000 zł oraz koszt transportu 1,50 zł netto za 1 km licząc tam i z powrotem.

W przypadku długoterminowej współpracy zapraszamy do negocjacji cen.

Wraz z kabiną dostarczany jest komplet dokumentów – protokół przekazania, gwarancja oraz instrukcja obsługi i konserwacji. Na etapie zamówienia należy określić parametry, tzn. stronę, po której mają znajdować się okno i drzwi oraz stronę otwarcia drzwi.



## KABINY CISZY

tel. 604 964 649

e-mail: [wlipinski@op.pl](mailto:wlipinski@op.pl)





# KATALOG FIRM MEDYCZNYCH

# 2024



**JUŻ OD WRZEŚNIA ZAPRASZAMY DO ZAMIESZCZANIA WPISÓW I REKLAM W NOWEJ EDYCJI KATALOGU FIRM MEDYCZNYCH 2024**

Katalog dostępny będzie w formie elektronicznej na naszej stronie internetowej **www.e-wyrobymedyczne.pl** w zakładce E-KATALOG oraz formie drukowanej

47-400 Racibórz, ul. Żorska 1/45  
tel. 570 498 067  
katalog@e-wyrobymedyczne.pl,  
redakcja@e-wyrobymedyczne.pl  
<https://www.e-wyrobymedyczne.pl/>

BERYL **B** For Medical Professionals  
Więcej informacji na stronie: 2, 17, 29, 35

FAMED **F** Żywiec  
Więcej informacji na stronie: 7

REHABED **R** our ideas your comfort  
Więcej informacji na stronie: 63, 64

# Wskazania, przeciwwskazania oraz aspekty praktyczne wczesnej fizjoterapii w oddziale intensywnej terapii

Tomasz Zwoliński, Lidia Łepska, Bartłomiej Siek

Oddziały intensywnej terapii (OIT) są jednostkami wielospecjalistycznymi leczącymi pacjentów w stanach zagrożenia życia, wymagających złożonej intensywnej farmakoterapii oraz terapii inwazyjnej (wentylacji mechanicznej, mechanicznego wspomaganie krążenia, w tym kontrapulsacji aortalnej, nerkozastępczego -hemofiltracji, dializoterapii, interwencji chirurgicznej) prowadzonej przez wielospecjalistyczny zespół wspierany przez sztab konsultantów [1]. Pacjenci oddziału intensywnej terapii są często nieprzytomni lub mają znacznie ograniczoną świadomość korelującą z ciężkością stanu klinicznego lub w następstwie zastosowanej sedacji. Nie mogą więc reagować na polecenia, komunikować swoich potrzeb. Zazwyczaj nie są też w stanie samodzielnie zmieniać pozycji czy też się poruszać. Stosowana terapia zabiegowa, np. respiratoterapia, stwarza dodatkowe ograniczenia [2]. Podstawowym problemem stojącym przed fizjoterapeutą jest różnorodność schorzeń prowadzących do zagrożenia życia, m.in. zawał serca, wstrząs septyczny, udar, krwotok, uraz wielonarządowy, powikłania po zabiegu operacyjnym, zatrzymanie oddechu i krążenia, zatorowość płucna, wstrząs anafilaktyczny) prowadzących do ustania podstawowych czynności życiowych [4]. W przeszłości kinezyterapia u pacjentów w stanie krytycznym/ciężkim była przeciwwskazana.

Obecnie nie ma wątpliwości, że wczesne usprawnianie pacjenta na OIT ma duże znaczenie w zapobieganiu powikłaniom związanym z długotrwałym unieruchomieniem w łóżku. Przyczynia się też do skrócenia pobytu pacjenta na oddziale [3]. Długość pobytu pacjenta krytycznie chorego na OIT jest różna i w dużej mierze zależy od ciężkości stanu chorego oraz jego reakcji na stosowaną terapię. Wśród pacjentów są zarówno chorzy nowoprzyjęci, których czas hospitalizacji nie przekracza 24 godzin, jak i pacjenci przebywający ponad 10 dni. W pierwszej grupie są chorzy po zabiegach operacyjnych, z ostrym zawałem serca, ostrą niewydolnością oddechową lub krążenia, uogólnioną infekcją, często obciążeni wieloma chorobami, ale po stabilizacji klinicznej, są stosunkowo szybko usprawniani. Drugą grupę pacjentów stanowią chorzy z niewydolnością jednego lub kilku układów, pacjenci wymagający wentylacji z wykorzystaniem respiratora, po rozległych urazach, w

śpiączce; wymagający znacznie dłuższej hospitalizacji na oddziale intensywnej terapii [5].

## Wczesna rehabilitacja

Celem intensywnej terapii jest przywrócenie stabilności hemodynamicznej, fizjologicznej i zapobieżenie śmierci. Historycznie powyższe cele realizowano m.in. długotrwałym unieruchomieniem czyli przebywaniem chorego w łóżku. Tymczasem przedłużone unieruchomienie pacjenta w łóżku sprzyja rozwojowi licznych powikłań zagrażających życiu, m.in. zakrzepicy, zatorów, odleżyn, zapalenia płuc i układu moczowego, osłabienia siły i zmniejszenia masy mięśni szkieletowych, dysfunkcji stawów, depresji, hipowentylacji, hipotonii ortostatycznej [6]. Coraz częściej mówi się o zespole po intensywnej terapii (Post-Intensive Care Syndrom – PICS) albo stanu krytycznego, obejmującego pojawienie nowego lub nasilenie już istniejącego upośledzenia fizycznego, poznawczego lub psychicznego [8]. PICS może utrzymywać się długo po wypisie z oddziału i znacznie obniża jakość życia pacjentów. W przeszłości wczesna mobilizacja pacjentów krytycznie chorych na oddziale intensywnej terapii była przeciwwskazana [7]. Obecnie jest zalecana, gdyż jest bezpieczna (gdy pamięta się o przeciwwskazaniach) [9]. Może zmniejszyć powikłania fizyczne i psychiczne pacjentów, skraca także czas pobytu na oddziale [10]. Fizjoterapeuci pracujący na OIT są wyspecjalizowaną podgrupą specjalistów zaangażowaną w proces leczenia realizowany na OIT [11].

## Zakres i planowanie ćwiczeń

Wczesna rehabilitacja pacjentów leżących na OIT jest bardzo istotna, jednak często zaniedbywana lub ograniczona z powodu braku wykwalifikowanego terapeuty [12]. Z tego względu leczenie fizjoterapeutyczne opiera się głównie na stabilizacji podstawowych funkcji życiowych i stanu ogólnego. W przypadku chorych z ograniczonym kontaktem z powodu zaburzeń poznawczych lub nieprzytomnych prowadzona terapia ograniczana jest często do profilaktyki następstw unieruchomienia i obejmuje terapię ułożeniową, mobilizację oddechową i ćwiczenia bierne. Zarówno w usprawnianiu, jak i w codziennej opiece nad pacjentem na OIT bardzo ważne jest utrzymywanie właści-

wego ustawienia kończyn, odpowiedniej pozycji i ułożenia chorego, wykonywanie ćwiczeń oddechowych i wielobodźcowa stymulacja wzrokowa [13]. Wstępnie należy poprawić kontrolę podstawowych funkcji życiowych takich jak oddychanie czy połykanie. W przypadku pacjentów nieprzytomnych codziennie powinny być monitorowane zakres ruchu w stawach, nasilenie przykurczu w stawach, napięcie mięśni przy użyciu biernych ruchów stawów. Usprawnianie pacjentów nieprzytomnych prowadzone jest z zastosowaniem ćwiczeń biernych, a chorych przytomnych ćwiczeń czynnych wspomaganych [1]. Uwzględnić trzeba także stymulację przez kanały zmysłowe oraz mobilizację funkcjonalną w maksymalnie możliwym natężeniu.

W praktyce klinicznej zalecane interwencje fizjoterapeutyczne dzielą się na interwencje dla pacjentów zdolnych (interwencje aktywne) i niezdolnych do wykonywania poleceń (interwencje pasywne) [15].

Pacjentom świadomym i zdolnym do wykonywania poleceń zaleca się ćwiczenia aktywne. Zapobiegają one przykurczom stawów atrofii mięśni, normalizują napięcie mięśni i poprawiają siłę i masę mięśni. Stopniowo chory jest mobilizowany z leżenia do siedzenia, stania i chodzenia (od siedzenia na krawędzi łóżka do siedzenia na krześle i ostatecznie chodzenia), Prowadzony jest także trening codziennych czynności.

Niedostateczna rehabilitacja pacjentów po ciężkim urazie czaszkowo-mózgowym może być przyczyną cięższego stanu neurologicznego (niż wskazuje na to faktyczne uszkodzenie układu nerwowego) oraz gorszej oceny funkcjonalnej przy wypisie pacjenta [14].

W planowaniu i prowadzeniu usprawniania chorego na OIT niezbędne jest ściśle uwzględnianie opinii lekarza prowadzącego oraz obserwacja stanu klinicznego chorego. Zaleca się zbadanie każdego pacjenta pod kątem obecności bezwzględnych przeciwwskazań (czerwonych flag) i względnych przeciwwskazań (żółtych flag) w celu rozważenia możliwych zagrożeń i korzyści przed i podczas każdej sesji fizjoterapeutycznej. Parametry krążeniowo – oddechowe należy monitorować podczas każdej sesji terapeutycznej.

Konieczna jest konsultacja z lekarzem w przypadku wystąpienia u pacjenta jakiegokolwiek niepokojącego objawu wymienionego w tabeli 1 zarówno przed jak i/lub w trakcie mobilizacji / aktywności fizycznej. Usprawnianie chorych na OIT jest bezpieczne o ile fizjoterapeuta nie zapomina o przeciwwskazaniach do mobilizacji z łóżka i aktywności fizycznej.

### Przeciwwskazania

Pośród wielu przeciwwskazań i stanów wymagających zachowania ostrożności podczas usprawniania na OIT najczęściej wymieniane są: aktywne zapalenie osierdzia lub mięśnia sercowego; hipotermia lub gorączka; nowe lub nasilające się objawy ogniskowe neurologiczne; desaturacja krwi tętniczej- (obniżenie SaO<sub>2</sub> < 80%) i hiperkapnia; nieskutecznie kontrolowane nadciśnienie tętnicze krwi, ciężkie nadciśnienie płucne; obecność świeżej skrzepliny w sercu; ostra niewydolność serca lub oddechowa, narastające pogorszenie tolerancji wysiłku lub duszność spoczynkowa; ostre choroby układowe; ostra zatorowość płucna

**Tabela 1. Wybrane parametry związane z przeciwwskazaniami do prowadzenia uprawiania u pacjentów na OIT**

Wskaźnik	Wartość
Bradykardia	< 40/min
Częstość oddechów	≥ 40/min
Desaturacja (przeciwwskazanie względne)	≤ 85–90%
Gorączka	≥ 38,5°C
Nadciśnienie tętnicze	≥ 180/120 mmHg
Niedociśnienie	≤ 80/50 mmHg
Niedokrwienie (występujące przy małym obciążeniu)	< 2 MET lub < 50 W
Ośrodkowe ciśnienie żyłne	≥ 16 mmHg
Parametry wentylacji: FiO <sub>2</sub> * PEEP**	≥ 0,6 cm H <sub>2</sub> O ≥ 10 cm H <sub>2</sub> O
Średnie ciśnienie w tętnicy płucnej	≥ 55 mmHg
Tachykardia	> 130/min
Wstrząs z ciśnieniem skurczowym i ośrodkowym ciśnieniem żylnym	< 90 mmHg > 5 cm H <sub>2</sub> O

\*Ułamkowe stężenie wdychanego tlenu

\*\*Dodatnie ciśnienie końcowe wydechu

lub zakrzepica żył głębokich; poważne zaburzenia elektrolitowe (potas, sód, wapń); stosowanie niektórych technik intensywnej terapii (np. kontrapulsacji wewnątrzaoortalnej, ECMO, hemofiltacja); stosowanie wysokich dawek leków inotropowo dodatnich; rozwarstwiający tętniak aorty; groźne zaburzenia rytmu serca i przewodnictwa (np. blok przedsionkowo-komorowy III stopnia niezabezpieczony elektrodą zewnętrzną, złożone arytmie komorowe (liczne wielokształtne pobudzenia komorowe, nieutralony częstoskurcz komorowy, utrwalony częstoskurcz komorowy), napad niestabilnego hemodynamicznie migotania przedsionków, resuscytacja oddechowo-krążeniowa; zaburzenia świadomości: pobudzenie lub senność; ostry zawał serca we wczesnym okresie (do 2 dni) lub powikłany, spoczynkowe dolegliwości o charakterze wieńcowym występujące po ostrym zespole wieńcowym, istotne niedokrwienie występujące w spoczynku lub przy małym obciążeniu, nowe spoczynkowe zmiany niedokrwienne w EKG; zdekomensowane przewlekłe choroby endokrynologiczne, metaboliczne (cukrzyca, choroby tarczycy). Wybrane przeciwwskazania przedstawiono w tabeli 1. Należy pamiętać, że usprawnianie pacjentów krytycznie chorych należy zawsze prowadzić pod stałą kontrolą systemów monitorujących ciśnienie tętnicze, EKG, saturacji, kapnometrii.

### Postępowanie fizjoterapeutyczne

Postępowanie fizjoterapeutyczne, obejmujące program usprawniania i edukacji uzależnione jest od stanu hemodynamicznego organizmu i okresu choroby [16]. W zależności od stanu klinicznego chorego należy przed przeprowadzeniem ćwiczeń warto przeprowadzić zabiegi takie jak:

- inhalacje np. u pacjentów ze współistniejącym POChP i zaleganiem wydzieliny w drogach oddechowych,

- masaż rozluźniający obręczy barkowej
- oklepywanie klatki piersiowej
- ćwiczenia efektywnego kaszlu
- pozycje ułożeniowe (wdechowe, przeciwobrękowe, relaksacyjne)

### Ćwiczenia bierne

Najczęstszymi elementami kinezyterapii stosowanymi w OIT, szczególnie we wczesnej fazie leczenia, są ćwiczenia bierne. Istotne jest, aby niezależnie od stanu zdrowia pacjenta, podczas wykonywania tych ćwiczeń przez fizjoterapeuta, dążyć do optymalnego bodźcowania pacjenta poprzez stymulację ekstero- i proprioceptywną. Fizjoterapeuta wykorzystuje do odpowiednio chwytów oraz jasne komunikaty słowne. Podczas komunikacji z chorym warto stosować zasady komunikacji umożliwiającej okazywanie pacjentowi szacunku, czyli używanie form Pan/Pani. Dopuszczalne jest stosowanie kolokwializmów podczas opisywania części ciała (np. „noga”) lub wzmocnienia czucia powierzchniowego („poczuj swoją stopę”), jeżeli ułatwi to przeprowadzenie procesu rehabilitacji. Również przy opisywaniu kierunków istotne jest, aby były to rzeczy i miejsca, które są jasne dla pacjenta (np. „poruszaj ręką w stronę czerwonej szafki, teraz w stronę swojej głowy”), niż kierunki (np. „poruszaj ręką w prawo/w górę”).

Jedną z możliwości ćwiczeń biernych dotyczących kończyny górnej, jest stymulacja ręka-twarz. Jak przedstawiono na ilustracji 1, fizjoterapeuta przytrzymuje kończynę górną pacjenta proksymalnie w okolicy stawu łokciowego, natomiast drugą dłoń stymuluje okolice twarzy chorego. W celu klaryfikacji tej interwencji wskazane jest jednocześnie używanie komunikatu do pacjenta: „to jest twoja prawa/lewa dłoń” i/lub „poczuj swoją twarz/prawy policzek/czoło”. Zalecana jest również dodatkowo, jeżeli nie ma do tego przeciwwskazań, stymulacja dłońią chorego innych części ciała, takich jak: klatka piersiowa, okolica brzucha, przeciwne ramię, przedramię i dłoń również z jednoczesnymi komendami słownymi opisującymi działania usprawniające.

Kolejnymi biernymi ćwiczeniem są działania w obrębie kończyny dolnej. Działanie fizjoterapeutyczne podczas stosowania ćwiczeń biernych ukierunkowane jest na optymalne bodźcowanie pacjenta oraz zapobieganie



Rys. 1. Ćwiczenie bierne ukierunkowane na stymulację ręka-twarz



Rys. 2. Ćwiczenie bierne poprawiające czucie ekstero- i proprioceptywną kończyny dolnej

osłabieniu mięśniowemu związanemu z pobytom w OIT. Bezpieczną interwencją jest ćwiczenie ukierunkowane na stymulację ekstero- i proprioceptywną stopy, przedstawione na ilustracji 2. Fizjoterapeuta bodźcuje ręką bliższą (położoną w okolicy stawu kolanowego) oraz ręką dalszą (ułożoną na grzbiecie stopy w kierunku podeszwy stopy). Ma to na celu jak największe pobudzenie eksteroreceptorów w obrębie stopy oraz proprioceptorów, szczególnie w mięśniach, stawach, więzadłach i powięziach w okolicach podudzia i stopy. Dodatkowo cała stymulacja wzmacniana jest komendą: „poczuj swoją stopę”.

### Ćwiczenia wspomagane

Wdrażając ćwiczenia wspomagane umożliwiamy choremu wykonanie określonego ruchu pomimo osłabienia mięśniowego uniemożliwiającego samodzielny ruch czynny. Ćwiczenia wspomagane w OIT najczęściej odbywają się przy pomocy rąk fizjoterapeuty. Pacjent wskutek celowanej stymulacji oraz pomocy fizjoterapeuty wykonuje zadania, których nie jest w stanie wykonać samodzielnie. W niektórych ośrodkach stosowane są również rotory do ćwiczeń biernych i/lub wspomaganych, które wykonują za pacjenta ćwiczenia i/lub pomagają mu je wykonać. Chory jest pozytywnie motywowany do procesu rehabilitacji; wierzy w swoje siły.

Mając na uwagę ograniczenia czasowe na przeprowadzenie fizjoterapii w OIT, dobierając ćwiczenia lecznicze warto skupić się na ruchach kończyn w płaszczyznach diagonalnych. Podczas aktywności dnia codziennego poruszamy się i wykonujemy ruchy w płaszczyznach złożonych. Rekomendowane jest wykonywanie ruchów znanych dla chorego oraz potrzebnych do samodzielnego funkcjonowania. W celu poprawy aktywności kończyn dolnych fizjoterapeuta stymuluje ich pracę. Może wykonać ruchy trójzgięcia kończyny dolnej czyli jednoczesnego zgięcia w stawie biodrowym, kolanowym oraz grzbietowym w górnym skokowym. Podczas tego ruchu kończyna dolna jest proksymalnie przytrzymywana w okolicach dystalnej części podudzia. Dłoń chwytająca stopę, zgina ją grzbietowo oraz dodatkowo stymuluje eksteroreceptywnie okolice podeszwy stopy oraz proprioceptywnie struktury pasywne (powięzie, więzadła, ścięgna) i mięśnie (ilustracja 3). Podczas tego ruchu fizjoterapeuta wypowiada instrukcje „zegnij swoją nogę w kierunku swojej głowy, teraz prostuj ją w moim kierunku” aktywizujące pacjenta. Pomaga choremu najbardziej na początku oraz końcu tego ruchu.



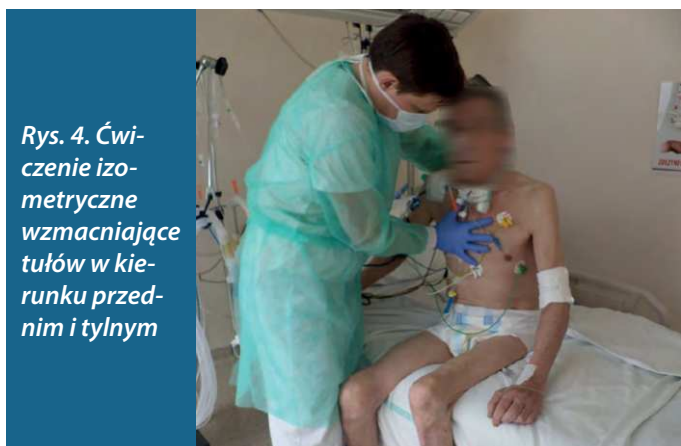
Rys. 3. Ćwiczenia wspomagane ruchu trójzgięcia i wyprostowania kończyny dolnej (fot. Paweł Nurkowski)

### Ćwiczenia izometryczne

Głównym założeniem ćwiczeń izometrycznych jest napinanie określonych grup mięśniowych bez zmiany długości mięśni. W odróżnieniu od ćwiczeń izokinetycznych, które wymagają ruchów kątowych w stawach, ćwiczenia izometryczne nie wymagają wykonywania jakiegokolwiek ruchu czy też zmiany pozycji ciała przez pacjenta. Biorąc pod uwagę stan kliniczny chorych oraz wielość drenów, wkłuc, cewników, kabli, ortez ograniczającą mobilność ćwiczenia izometryczne są często jedynymi wykonalnymi przez pacjenta. Stosowane są w celu odbudowania siły osłabionych mięśni tułowia, a wtórnie przywrócenie poruszania się w obrębie łóżka (np. wykonywanie obrotów, siadania na krawędzi łóżka ze zwieszonymi i podpartymi kończynami dolnymi, wstawania i stania). Na ilustracji 4 przedstawiono możliwość pracy izometrycznej tułowia metodą stabilizacji zwrotnej. Fizjoterapeuta umieszczając ręce na klatce piersiowej z przodu i z tyłu wywiera nacisk, pchając go raz w przód (3 do 7 sekund) raz w tył (3 do 7 sekund) próbuje wytrącić jego tułów z równowagi. Jednocześnie stosuje komendę „zostań w tej pozycji, nie daj się wytrącić”. Poprzez brak pracy izokinetycznej indukowane jest napięcie izometryczne. Fizjoterapeuta powinien zmieniać zarówno ustawienie rąk, jak i kierunek przykładania siły w celu spowodowania pracy wszystkich grup mięśniowych tułowia w różnych kierunkach.

### Ćwiczenia oddechowe

Rehabilitacja oddechowa jest niezbędnym elementem fizjoterapii chorych na oddziałach OIT [17]. Jeżeli chory jest

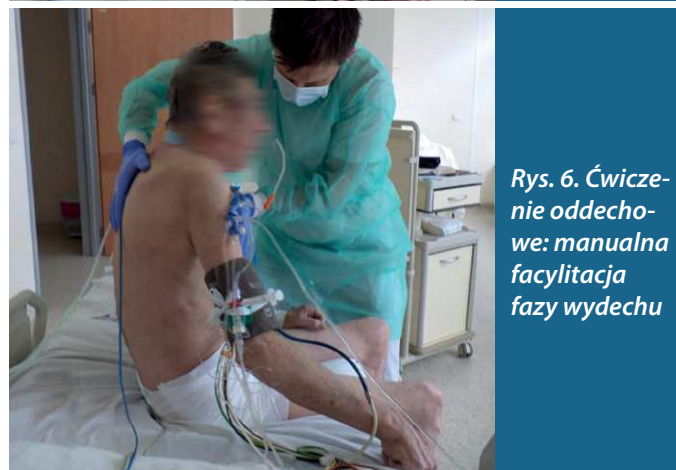


Rys. 4. Ćwiczenie izometryczne wzmacniające tułów w kierunku przednim i tylnym

w stanie samodzielnie siedzieć, wskazane jest przeprowadzenie rehabilitacji oddechową w tej pozycji. Najczęściej prowadzona jest w postaci manualnych interwencji w obrębie klatki piersiowej oraz powłok brzusznych [18,19,20]. Odbывается poprzez położenie rąk w okolicy mostka oraz pomiędzyłopatkowej (ilustracje 5 i 6). Fizjoterapeuta facylituje wdech pacjenta poprzez delikatny ruch w kierunku przednim ręki położonej na plecach, oporowanie ręką położoną na mostku w kierunku przednio-górnym oraz polecenie: „wdech” (ilustracja 5). Podczas wydechu ręce fizjoterapeuty pomagają pacjentowi wykonać pełen wydech poprzez ruch górnego tułowia do dołu i do przodu z jednoczesnym poleceniem „wydech” wzmacniającym stymulację manualną (ilustracja 6). Ta proponowana interwencja wpływa nie tylko na układ oddechowy, ale także



Rys. 5. Ćwiczenie oddechowe: manualna facylitacja fazy wdechu



Rys. 6. Ćwiczenie oddechowe: manualna facylitacja fazy wydechu

poprawia mobilność i siłę tułowia oraz dodaje wiary choremu w możliwość powrotu do zdrowia.

### Kryteria modyfikacji lub wstrzymania kinezyterapii

Podczas sesji ćwiczeniowej należy monitorować parametry życiowe oraz poziom świadomości pacjenta. Interwencja powinna zostać przerwana zgodnie z kryteriami zakończenia. Wskazania do modyfikacji lub wstrzymania fizjoterapii są następujące:

- nasilenie duszności w trakcie usprawniania;
- niepokój, nadmierne pobudzenie chorego lub nadmierna senność;

- wzrost częstotliwości oddechów > 40/min;
- istotny spadek saturacji w stosunku do wartości spoczynkowej;
- spadek skurczowego ciśnienia tętniczego o 10 mm Hg z objawami nietolerancji wysiłku fizycznego;
- wzrost skurczowego ciśnienia tętniczego > 20 mm Hg z objawami nietolerancji wysiłku fizycznego;
- słabe ciśnienie fali tętna (różnica między ciśnieniem skurczowym a rozkurczowym < 10 mm Hg);
- nadmierna potliwość, bledność i/lub dezorientacja pacjenta (cechy hipotonii);
- pojawienie się lub nasilenie rzężeń nad polami płucnymi
- pojawienie się trzeciego tonu serca, rytm cwałowy;
- zmiana wyglądu i zachowania – narastające zaburzenia świadomości, pocenie się, bledność, zmęczenie, osłabienie, zawroty głowy, nasilenie lub pojawienie się bólu niestabilność złamania, aktywny krwotok;
- niestabilność neurologiczna (podwyższone ciśnienie śródczaszkowe – ICP > 20 cm H<sub>2</sub>O, nowe objawy ogniskowe).

### Wnioski

Fizjoterapeuta prowadzący usprawnianie pacjenta na OIT:

- 1) powinien posiadać wiedzę w zakresie wskazań i przeciwwskazań do prowadzenia usprawniania pacjenta na OIT.
- 2) powinien posiadać praktyczną umiejętność rozpoznawania przeciwwskazań do prowadzenia usprawniania oraz zaprzestania ich kontynuowania w przypadku wystąpienia niepokojących objawów.
- 3) powinien monitorować stan pacjenta podczas całego procesu rehabilitacji.
- 4) powinien prowadzić kinezyterapię z uwzględnieniem ćwiczeń biernych, wspomaganych oraz izometrycznych.
- 5) powinien zawsze implementować elementy fizjoterapii oddechowej przy braku przeciwwskazań.
- 6) podczas usprawniania powinien komunikować z pacjentów za pomocą zrozumiałych poleceń słownych.

### Literatura

- [1] Kwiecień-Jaguś K, Zwoliński T, Szamotulska J, Hansdorfer-Korzon R. Wczesna rehabilitacja na oddziale intensywnej terapii z wykorzystaniem metody PNF. *Anestezjol Rat.* 2016;10(1):86-96.
- [2] Stiller K. Physiotherapy in intensive care: an updated systematic review. *Chest.* 2013;144(3):825-847. doi: 10.1378/chest.12-2930
- [3] Denehy L, Lanphere J, Needham DM. Ten reasons why ICU patients should be mobilized early. *Intensive Care Med.* 2017;43(1):86-90. doi: 10.1007/s00134-016-4513-2
- [4] Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med.* 2008;34(7):1188-99. doi: 10.1007/s00134-008-1026-7
- [5] Wołowicka L, Dyk D. Leczenie usprawniające i pielęgnacja. W: Szulc R. (red.). *Usprawnianie lecznicze krytycznie chorych.* Wrocław: Urban & Partner; 2001, 90-103.
- [6] Garstka J, Król J. Znaczenie bezruchu i usprawniania leczniczego u krytycznie chorych. W: Szulc R. (red.). *Usprawnianie lecznicze krytycznie chorych.* Wrocław: Urban & Partner; 2001, 18.
- [7] Castro-Avila AC, Serón P, Fan E, Gaete M, Mickan S. Effect of early rehabilitation during intensive care unit stay on functional status: systematic review

and meta-analysis. *PLoS One.* 2015;10(7):e0130722. doi: 10.1371/journal.pone.0130722

- [8] Ramnarain D, Aupers E, den Oudsten B, Oldenbeuving A, de Vries J, Pouwels S. Post Intensive Care Syndrome (PICS): an overview of the definition, etiology, risk factors, and possible counseling and treatment strategies. *Expert Rev Neurother.* 2021;21(10):1159-1177. doi: 10.1080/14737175.2021.1981289
- [9] Hodgson CL, Stiller K, Needham DM, Tipping CJ, Harrold M, Baldwin CE, et al. Expert consensus and recommendations on safety criteria for active mobilization of mechanically ventilated critically ill adults. *Crit Care.* 2014;18(6):658. doi: 10.1186/s13054-014-0658-y
- [10] Kleinpell R, Zimmerman JJ. Implementing clinical practice changes in critical care: lessons learned in a national collaborative of over 60 ICU teams. *Anesthesiol Intensive Ther.* 2017;49(5):437-440. doi: 10.5603/AIT.a2017.0057
- [11] Tronstad O, Martí JD, Ntoumenopoulos G, Gosselink R. An Update on cardiorespiratory physiotherapy during mechanical ventilation. *Semin Respir Crit Care Med.* 2022 [Epub ahead of print] doi: 10.1055/s-0042-1744307
- [12] Gosselink R, Clini E. Rehabilitation in Intensive Care. W: Clini E, Holland AE, Pitta F, Troosters T (red.). *Textbook of Pulmonary Rehabilitation.* Modena: Springer, 2018: 349-365.
- [13] Niemkiewicz D, Lech K. Metody usprawniania leczniczego krytycznie chorych. W: Szulc R (red.). *Usprawnianie lecznicze krytycznie chorych.* Wrocław: Urban & Partner, 2001: 127-140.
- [14] Bojko J, Biliński G, Soboń J, Fuchs M, Bilińska M. Wybrane aspekty koncepcji PNF w rehabilitacji neurologicznej pacjentów OIT po urazie czaszkowo-mózgowym, jako ważne uzupełnienie terapii skierowanej na podtrzymanie kluczowych czynności życiowych [Internet]. dostęp: <https://ipnfa.pl/pnf-w-praktyce/>
- [15] Jones M, Moffatt F, Corner E. Physiotherapy in Intensive Care. W: Bersten, Andrew D, Handy, Jonathan M (red.). *Oh's Intensive Care Manual.* Elsevier Limited, 2019: 45-57.
- [16] Rekomendacje w zakresie realizacji kompleksowej rehabilitacji kardiologicznej : stanowisko Ekspertów Sekcji Rehabilitacji Kardiologicznej i Fizjologii Wysiłku Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Wyd. 1. Gdańsk: AsteriaMed Wydawnictwo; 2017.
- [17] Taito S, Shime N, Ota K, Yasuda H. Early mobilization of mechanically ventilated patients in the intensive care unit. *J Intensive Care.* 2016;4:50. doi: 10.1186/s40560-016-0179-7
- [18] Zwoliński T, Szamotulska J, Kwiecień-Jaguś K, Wujtewicz M. Rehabilitacja oddechowa pacjentów wentylowanych mechanicznie – mobilizacja klatki piersiowej. *Rehabil Prakt.* 2016(6):34-39.
- [19] Zwoliński T, Wujtewicz M, Szamotulska J, Sinoracki T, Wąż P, Hansdorfer-Korzon R, et al. Feasibility of chest wall and diaphragm Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) techniques in mechanically ventilated patients. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(2):960. doi: 10.3390/ijerph19020960
- [20] Zwoliński T, Szamotulska J, Kwiecień-Jaguś K, Basiński A. Rehabilitacja oddechowa pacjentów wentylowanych mechanicznie – stymulacja przepony. *Rehabil Prakt.* 2017(1):38-41.

Artykuł został po raz pierwszy opublikowany w Repozytorium Uniwersytetu Rzeszowskiego 2023, s. 294-307.

**dr n. o zdr. Tomasz Zwoliński<sup>1</sup>, dr n. med. Lidia Łepska<sup>2</sup>, dr Bartłomiej Siek<sup>3</sup>**

- 1 – Wydział Zdrowia, Uniwersytet WSB Merito w Gdańsku
- 2 – Klinika Rehabilitacji, Wydział Nauk o Zdrowiu, Gdański Uniwersytet Medyczny
- 3 – Zakład Historii i Filozofii Nauk Medycznych, Wydział Nauk o Zdrowiu, Gdański Uniwersytet Medyczny

# Rola anestezjologii i intensywnej terapii w zapewnieniu bezpieczeństwa pacjenta w okresie okołoperacyjnym: przeszłość, teraźniejszość i przyszłość

Janusz Andres

W dniu 6 lutego 1847 roku chirurg profesor Ludwik Bierkowski (rys. 1) po raz pierwszy w Polsce użył eteru do znieczulenia ogólnego operowanego chorego. Miało to miejsce w Krakowie – 170 lat temu – niecałe 5 miesięcy po pierwszym użyciu eteru do znieczulenia ogólnego przez Williama Mortona w Bostonie 16 października 1846 roku. Aż do tego czasu zabiegi chirurgiczne cechowały się niewyobrażalnym bólem i stresem związanym z operacją, w wyniku czego śmiertelność operowanych pacjentów bezpośrednio po lub w trakcie operacji była prawdopodobnie bardzo duża, osiągając w procentach wartości dwucyfrowe. Praktyczne wprowadzenie eteru, a także chloroformu (1847, szkocki lekarz James Young Simpson) oraz podtlenku azotu (Horace Wells, 1845) rozszerzyło możliwości operacyjne w drugiej połowie XIX wieku. Niewiele wiadomo na temat bezpieczeństwa operowanych pacjentów w tym czasie, ale po raz pierwszy raportowana przez Ernsta Gurtla śmiertelność z powodów anestezjologicznych na kilkusetosobnej grupie chorych [1] w latach 1890–1895 wynosiła: dla znieczulenia chloroformem – 1 zgon na około 2000 zabiegów, eterem – 1 zgon na około 6000 zabiegów, a przy kombinowanym znieczuleniu mieszkanką eterowo-chloroformową – 1 zgon na około 10 000 zabiegów. Ta ostatnia częstość występowania powikłań warta jest podkreślenia, szczególnie w świetle danych na temat śmiertelności z powodów anestezjologicznych w latach 1970–1980, która wynosiła około 2 zgony na 10 000 znieczuleń [2]. Należy przypuszczać, że znieczulenie za pomocą eteru, nawet w kombinacji z chloroformem było wtedy stosunkowo bezpiecznym sposobem znieczulenia osób z małym ryzykiem operacyjnym w dzisiejszym tego słowa znaczeniu. Ponadto, pod koniec XIX wieku świat medyczny zaczął zwracać uwagę na trudne do wyjaśnienia przypadki nagłych śmierci w czasie operacji i w bezpośrednim okresie pooperacyjnym. Przypadki śródoperacyjnych zgonów



*Rys. 1. Pomnik Ludwika Bierkowskiego na placu przy ul. Kopernika 7 w Krakowie. Złożenie kwiatów z okazji 170. rocznicy pierwszej w Polsce operacji w znieczuleniu eterowym (od lewej prof. Janusz Andres, prof. Jerzy Wordliczek, prof. Piotr Knapik, prof. Zdzisław Gajda)*

były najczęściej związane z toksycznym wpływem chloroformu na układ sercowo-naczyniowy, a do powikłań pooperacyjnych, oprócz zakażeń, dołączyły zgony z powodu niedrożności górnych dróg oddechowych w wyniku przedłużonego działania znieczulenia i braku nadzoru pooperacyjnego. Począwszy od 1880 roku, w wyniku częstego występowania śródoperacyjnego zatrzymania krążenia w czasie znieczulania chloroformem opisano techniki resuscytacji w postaci masażu serca na otwartej (1880, Paul Niehans) i zamkniętej klatki piersiowej (1883, Franz Koenig) [3]. Technika uciskania zamkniętej klatki piersiowej (często z jednoczesnym uciskaniem nadbrzusza) wraz z wentylacją manualną w przypadkach „zapaści” spowodowanej chloroformem była znana w Europie Centralnej w następnych dziesięcioleciach i stosowano ją u znieczulanych pacjen-

tów, u których przestawał być wyczuwalny puls. Od 1900 roku znana była także intubacja dotchawicza (Franz Kuhn), którą od lat 30. XX wieku rozwijał twórca pierwszej Katedry Anestezjologii w Europie – sir Robert R. Macintosh. Autor ten po raz pierwszy zwrócił uwagę na związek stanu ogólnego operowanego pacjenta i możliwe uboczne działania stosowanych anestetyków i metod znieczulenia. To on jest twórcą znanego określenia znieczulenia: *deadly easy easily death*, co można tłumaczyć jako określenie „narkozy” jako „zabójczo prostej” w zastosowaniu metody, ale mogącej łatwo spowodować śmierć. Jego znana publikacja z 1949 roku [4], która nie traci nawet dzisiaj na aktualności ze względu na uniwersalne odnośniki do bezpieczeństwa chorego, takie jak unikanie przedwczesnej śmierci – w znaczeniu śmierci do uniknięcia (*avoid unnecessary death*), prowadzenia rejestru zgonów związanych ze znieczuleniem, stosowania kontroli sprzętu (*checking is imperative*) przed „narkozą”, niezależnie od miejsca, w którym dokonywane było znieczulenie, a także promowanie konieczności nadzoru nad chorym po operacji oraz ciągłej edukacji personelu medycznego. W połowie XX wieku stało się też jasne, że należy rozróżnić śmierć z powodów anestezjologicznych i śmierć związaną pośrednio ze znieczuleniem, niezależną od czynników anestezjologicznych. Sir Robert Macintosh jest także autorem określenia: *There should not be death due to anaesthesia* („nie powinna się zdarzyć śmierć z powodu znieczulenia”). Istotnym czynnikiem wpływającym na rozwój koncepcji bezpieczeństwa było wprowadzenie w 1928 roku pisemnego raportu, tak zwanej karty znieczulenia, na podstawie której można było analizować retrospektywnie przypadki powikłań. Zgony w czasie znieczulenia spowodowane błędem ludzkim, między innymi w postaci omyłkowego podawania podtlenku azotu zamiast tlenu pod koniec znieczulenia stały się przyczyną znanych kampanii medialnych i doniesień prasowych w latach 80. XX wieku [5] i znacznie przyczyniły się do zainteresowania środowiska anestezjologów wprowadzaniem standardów bezpieczeństwa oraz edukacją i badaniami naukowymi w tym zakresie. Obecnie, w drugiej dekadzie XXI wieku, anestezjologia jest bezpieczna, co wyraża liczba 0,05 zgonów z powodów stricte anestezjologicznych na 10 tys. znieczulanych chorych [6] i porównywalna do bezpieczeństwa pasażerów samolotów w lotnictwie cywilnym uważanym za jeden z najwyższych standardów bezpieczeństwa. Wiele wskazuje jednak na to, że takie porównanie nie do końca jest zasadne, gdyż anatomiczne i fizjologiczne funkcje organizmu ludzkiego są o wiele bardziej skomplikowane niż najbardziej nawet złożony produkt techniczny. Postęp, jaki dokonał się w anestezjologii i intensywnej terapii od czasów Bierkowskiego do dnia dzisiejszego, jest zadziwiający i był związany ze stałą poprawą bezpieczeństwa i możliwości operacyjnych na podstawie nowych leków (1942 rok, środki zwiotczające mięśnie, 1951 rok, nowoczesne wziewne środki znieczulające), a przede wszystkim (od 1980 roku) techniki monitorujące utlenowanie (pulsoksymetria) oraz oddychanie (kapnografia) operowanego pacjenta. Powstałe w 1959 roku Polskie Towarzystwo Anestezjologii i Intensywnej Terapii należało i nadal należy do towarzystw, których aktywna międzynarodowa i krajowa działalność, zawsze, niezależnie od warunków

politycznych i ekonomicznych, pozwalała na implementację w Polsce wielu nowości technologicznych i edukacyjnych w anestezjologii i intensywnej terapii, co powodowało, że standardy edukacji i praktyki klinicznej w tej dyscyplinie w Polsce odpowiadały i odpowiadają najwyższym europejskim standardom. Nie oznacza to jednak, że osiągnęliśmy optimum w dziedzinie bezpieczeństwa, a wiele wskazuje na to, że prawdopodobnie nigdy nie będziemy w stanie całkowicie uwolnić się od błędów medycznych. Mija 17 lat od publikacji "To err is human" [7], w której przypomniano, że rzeczą ludzką jest mylenie się (*errare humanum est*), a świat medyczny poprzez skomplikowaną organizację i wieloczynnikowość procesów diagnostycznych i leczniczych jest szczególnie narażony na występowanie błędów. Propozycje eliminacji niektórych z nich, a przynajmniej zmniejszenia występowania błędów medycznych wiążą się z edukacją personelu medycznego w zakresie „kultury bezpieczeństwa”. Praktyczne systemy eliminacji błędów polegają głównie na wprowadzaniu systemów kontroli i barier w procedurach medycznych polegających na zabezpieczeniu przed błędami medycznymi, co obrazowo przedstawia model wielu plastrów sera szwajcarskiego z dziurami ułożonych jeden za drugim, będących wzajemnie dla siebie kolejnymi barierami w przypadku, gdy pierwsza, druga czy trzecia bariera zawiedzie. Mimo to szacunkowe dane z USA z 2013 roku wskazują, że błąd medyczny jest ciągle trzecią przyczyną zgonów chorych w szpitalach po takich przyczynach, jak choroby nowotworowe i choroby serca [8]. W 2010 roku z inicjatywy Europejskiego Towarzystwa Anestezjologii (ESA, European Society of Anaesthesiology) została wydana i zaakceptowana przez wszystkie Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii krajów europejskich tak zwana Deklaracja Helsińska Bezpieczeństwa Pacjenta w Anestezjologii (tzw. DeHeBePa) [9], która podkreśla kluczową rolę anestezjologii w zapewnieniu bezpieczeństwa chorego w okresie okołoperacyjnym. Głównym uzasadnieniem tej Deklaracji jest fakt, że w skali globalnej u 7 milionów operowanych pacjentów rocznie rozwijają się ciężkie powikłania, 1 milion umiera z powodu powikłań, a 200 000 takich zgonów rocznie zdarza się w Europie. Deklaracja Helsińska z jednej strony uświadamia, jak wielkim problemem są powikłania okołoperacyjne w skali światowej i europejskiej, z drugiej – proponuje środki zaradcze i przedsięwzięcia organizacyjne w celu uniknięcia powikłań. Wymienione w Deklaracji Helsińskiej podstawowe wymagania sprowadzają się głównie do spełnienia kryteriów monitorowania czynności życiowych chorego, wprowadzenia procedur bezpieczeństwa oraz ciągłego monitorowania, a także corocznego raportowania chorobowości, umieralności oraz występowania zdarzeń krytycznych szczególnie w okresie okołoperacyjnym w celu ich prewencji. Pod tym względem Deklaracja ma duże znaczenie edukacyjno-promocyjne, pozostawiając praktyczne rozwiązanie problemu czynnikom lokalnym. Jednym z podstawowych wymagań Deklaracji Helsińskiej jest wspieranie inicjatywy Światowej Organizacji Zdrowia poprzez wprowadzenie okołoperacyjnej karty kontrolnej „Bezpieczna Operacja Ratuje Życie”. Jej zastosowanie istotnie zmniejszyło (niemal o połowę) zarówno chorobowość, jak śmiertelność okołoperacyjną,



stanowiąc dowód, że proste działania organizacyjne mogą bardzo istotnie wpłynąć na odległe efekty leczenia, pod warunkiem że te efekty są monitorowane. Innym proponowanym sposobem poprawy bezpieczeństwa i efektywności leczenia chorych w sytuacjach krytycznych może być wprowadzenia schematów postępowania w sytuacjach krytycznych (tzw. checklists) na wzór powszechnie dostępnych algorytmów resuscytacji Europejskiej Rady Resuscytacji, ale dotyczących sytuacji kryzysowej chorego leczonego w szpitalu. Przykładem jest dostępny na stronie internetowej Polskiej Rady Resuscytacji artykuł zawierający schematy prewencji oraz postępowania w nagłym niespodziewanym zatrzymaniu krążenia w czasie znieczulenia [10]. W 2013 roku ESA opublikowało listy kontrolne prewencji i postępowania w najczęściej występujących sytuacjach krytycznych w czasie znieczulenia, tak zwany ESA Safety Kit dostępny na stronie [www.esahq.org](http://www.esahq.org) [11]. Materiały te mogą być tłumaczone, modyfikowane i dostosowywane do lokalnych potrzeb. Również w 2013 roku ukazał się w *European Journal of Anaesthesiology* artykuł redakcyjny nawołujący do podjęcia wysiłków w celu opracowania wytycznych postępowania w nagłym niespodziewanym zatrzymaniu krążenia [12]. Ta inicjatywa ESA ma swój odpowiednik w podręczniku *Anaesthetic Crisis Manual* – ACM autorstwa Davida Borshoffa, dostępnym na stronie [www.theacm.com.au](http://www.theacm.com.au) i szeroko rozpowszechnionym w Australii i USA. W języku polskim podręcznik anestezjologa „Sytuacje krytyczne w czasie znieczulenia” jest osiągalny poprzez stronę [www.prc.krakow.pl](http://www.prc.krakow.pl). Podręcznik ten zaprojektowano do użycia jako narzędzie poznawczo-komunikacyjne (*cognitive aid*) na podstawie list kontrolnych (*checklists*). Nie może on jednak zastąpić doświadczenia klinicznego, dobrego wykształcenia, regularnej praktyki i treningów w centrum symulacji. Pomimo niezwykle ambitnego stwierdzenia Williama Berry, że „żaden pacjent, którego śmierć jest do uniknięcia, nie powinien umrzeć w sali operacyjnej czy w szpitalu – nigdy” opublikowanego pięć lat temu w komentarzu redakcyjnym czasopisma „*Canadian Journal of Anesthesia*” [13], analiza danych oparta na dużych grupach obserwacyjnych, obejmujących wielomilionowe przypadki chorych operowanych w Europie i USA, wskazuje na niepokojąco dużą liczbę powikłań pooperacyjnych ze zgonami łącznie. W obserwacyjnym badaniu Pearse z 2012 roku [14] w grupie około 50 000 chorych operowanych w Europie, średnio 4 pacjentów na 100 umierało w bezpośrednim okresie pooperacyjnym z dużymi różnicami w poszczególnych krajach. Opublikowane wyniki z rejestru Amerykańskiego Towarzystwa Chirurgów oparte na bazie 1,3 mln operacji wykazały, że 1 na 200 operowanych pacjentów był poddawany resuscytacji krążeniowo-oddechowej w bezpośrednim okresie pooperacyjnym, a 70% z nich umierało do 30 dni po operacji [15]. Z kolei narodowy rejestr wyników znieczuleń [16] z USA obejmujący prawie 11,5 mln operacji wykazał 3 zgony na 10 000 przypadków w czasie znieczulenia i pobytu na oddziale poznieczuleniowym, co raczej zaskakuje i przywołuje na myśl dane z lat 80. ubiegłego stulecia. Współczesny rozwój medycyny, a szczególnie jej ewolucja w ostatnich 30 latach, jest jednak nieporównywalny do wcześniejszych okresów pod względem zakresu wykonywanych operacji

i ogólnego stanu chorych. Podobnie trudne jest przewidywanie dalszego rozwoju anestezjologii i intensywnej terapii, co nie znaczy, że wizje takiego rozwoju istnieją, o czym wspomnę w dalszej części artykułu. Zaskakujące obserwacje poczynione w wyżej cytowanych publikacjach [14–16], a także aktualne dane na temat występowania okołoperacyjnego nagłego zatrzymania krążenia w operacjach niekardiochirurgicznych (ok. 1 przypadek NZK na 10 000 znieczuleń dorosłych i 3–4-krotnie częściej u dzieci [17]) wskazują na konieczność modyfikacji postępowania w okresie okołoperacyjnym zarówno w zakresie kwalifikacji do operacji, adekwatnego monitorowania, jak i prewencji powikłań oraz wypracowanie użytecznych klinicznie zaleceń i rekomendacji również w zakresie etyki. Opracowywanie każdego kolejnych wytycznych postępowania powinno uwzględniać realia systemów ochrony zdrowia i bazować na konieczności adaptacji do lokalnych warunków z poszanowaniem wzajemnych relacji lekarz-pacjent i zachowaniem autonomii pacjenta [18].

W ostatnim dziesięcioleciu liczba zarejestrowanych anestezjologów w Polsce istotnie się zwiększyła, ale rosnące potrzeby systemu ochrony zdrowia w naszym kraju powodują stały wzrost zapotrzebowania na specjalistów w tej dziedzinie i jednocześnie stały ich niedobór w tej dziedzinie, przy jednocześnie występującym ich niedobrze obserwowanym we wszystkich krajach w Europie. Prognozy rozwoju świadczeń medycznych wykazują wzrost zapotrzebowania na lekarzy tak zwanej medycyny okołoperacyjnej, w której anestezjologowie coraz częściej pełnią istotną funkcję umożliwiającą stosowanie nowoczesnych metod operacyjnych oraz intensywnej terapii, a także wprowadzania uznanych standardów bezpieczeństwa. Czego można się spodziewać po następnych dziesięcioleciach? Jak będą wyglądały anestezjologia i intensywna terapia na przykład w 2050 roku? Mimo że nie jest prawdopodobne, aby piszący te słowa, a także autorzy prezentowanych opinii należeli jeszcze do świata żywych w tym czasie, a także, biorąc pod uwagę stwierdzenia Nielsa Bohra „przewidywanie jest bardzo trudne, szczególnie gdy chodzi o przyszłość”, przedstawiam wybrane opinie na temat możliwego rozwoju anestezjologii i intensywnej terapii na podstawie aktualnych publikowanych poglądów i wizji, które moim zdaniem nie do końca pozbawione są możliwości realizacji.

Anestezjolog jako kluczowy lekarz medycyny okołoperacyjnej, interdyscyplinarnie współpracując z lekarzami innych specjalności, będzie się zajmował szczególnie obciążonymi i wrażliwymi chorymi obciążonymi zwiększonym ryzykiem okołoperacyjnym, mając na uwadze przede wszystkim optymalny odległy wynik leczenia. Prawdopodobnie anestezjolog będzie znieczulał i leczył nie tylko coraz starszych (90–100 lat) pacjentów, ale sam będzie musiał być gotowy do kontynuowania pracy, o ile tylko warunki pozwolą, będąc w wieku 70 i więcej lat [19].

Mając na uwadze dynamiczny rozwój robotyki, można sobie wyobrazić, że wiele procedur anestezjologicznych zostanie zautomatyzowane, a roboty będą mogły w wielu obszarach anestezjologii i intensywnej terapii wykonywać pracę zarówno lekarza, jak i pielęgniarki. Mam nadzieję oczywiście, że decyzje kliniczne nadal będzie podejmował

personel medyczny na podstawie pełnych danych diagnostycznych i bieżącego monitorowania wszystkich parametrów fizjologicznych chorego. W zakresie monitorowania możemy się spodziewać szybkiego i największego postępu być może już w kolejnych 10–20 latach. Nieinwazyjne, bezprzewodowe i możliwe do stałego noszenia „ubrania monitorujące” z wbudowanymi systemami analizy oraz wczesnego ostrzegania o niekorzystnych trendach w stanie ogólnym pacjenta, a także zaopatrzone w algorytmy zapobiegania powikłaniom i ich leczenia będą dostępne dla wszystkich pacjentów. Nieinwazyjne, ergonomiczne, bezprzewodowe i możliwe do noszenia na wzór kamizelki systemy ciągłego monitorowania ośrodkowego układu nerwowego z saturacją, ciśnieniem krwi, temperaturą i głębokością znieczulenia włącznie, integrujące zapis EKG z częstością oddychania, pomiarem objętości płynów w klatce piersiowej, rzutem serca i możliwościami diagnostyki obrazowej włącznie, a także elektroniczny tatuaż monitorujący częstość akcji serca, oddechu, temperatury, poziomu elektrolitów i mleczanu we krwi oraz rękawica do monitorowania ciśnienia w tętnicy promieniowej, pulsu, rzutu serca, saturacji krwi, poziomu hemoglobinu oraz saturacji mięśnia kciuka włącznie [20].

Wielu zmian można spodziewać się w następnych dziesięcioleciach w zakresie funkcji i wyglądu oddziałów intensywnej terapii. Szpitale prawdopodobnie będą posiadały zwiększoną liczbę łóżek intensywnej terapii, a według wielu prognoz szpitale prawie w całości będą intensywną terapią dla przypadków rokujących pozytywny wynik leczenia, a cała pozostała działalność lecznicza prawdopodobnie będzie prowadzona „na bazie ambulatoryjnej”, tak jak to dzisiaj rozumiemy. Terapia (leczenie bólu, sepsy, antybiotykoterapia, niewydolności narządowej itp.) będzie indywidualizowana dla każdego chorego zgodnie z jego genetycznym typem na bazie ciągłej i zintegrowanej analizy wszystkich indywidualnych danych pacjenta. Taka wizja intensywnej terapii przyszłości jest oparta na koncepcji komputerowej analizy genetycznej pacjenta, która pozwoli na poznanie patofizjologii struktury i funkcji niewydolnych organów oraz zaprojektowanie odpowiedniej terapii w celu przywrócenia ich funkcji lub też ich rekonstrukcji [21].

Jestem świadomy, że te przewidywania mogą pozostać w sferze science fiction, a ewentualny postęp w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii będzie zrealizowany zupełnie innymi drogami, tak jak to miało miejsce w niedalekiej przeszłości, kiedy to nikt nie przewidział niezwykle dynamicznego rozwoju internetu i na przykład zapotrzebowania na komputery.

#### Podziękowania

1. Źródło finansowania – brak.
2. Konflikt interesów – brak.

#### Literatura

- [1] Gurlt E. Zur Narkotisierungs- Statistik. Arch Klin Chir. 1897; 55: 473–519.
- [2] Li G, Warner M, Lang BH, et al. Epidemiology of anesthesia-related mortality in the United States, 1999–2005. Anesthesiology. 2009; 110(4): 759–765, indexed in Pubmed: 19322941.
- [3] Böhrer H, Goerig M. Early proponents of cardiac massage. Anaesthesia. 1995; 50(11): 969–971, indexed in Pubmed: 8678254.
- [4] Macintosh RR. Deaths under anaesthetics. Br J Anaesth. 1949; 21(3): 107–136, indexed in Pubmed: 18115864.
- [5] The Deep Sleep: 6000 will Die or Suffer Brain Damage, ABC Television Show 20/20 April 22, USA 1982.
- [6] Renner J, Grünwald M, Bein B. Patientensicherheit in der Anästhesie – Kann der Anästhesist das Outcome verbessern? AINS - Anästhesiologie · Intensivmedizin · Notfallmedizin · Schmerztherapie. 2015; 50(05): 314–321, doi: 10.1055/s-0040-100222.
- [7] Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. Committee on Quality of Health Care in America; To Err Is Human: Building a Safer Health System (2000) Institute of Medicine; . 2000.
- [8] BMJ 2016 <http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr64/nvsp64>.
- [9] Mellin-Olsen J, Staender S, Van Aken H, et al. The Helsinki Declaration on Patient Safety in Anaesthesiology. Eur J Anaesthesiol. 2010; 27(7): 592–597, doi: 10.1097/EJA.0b013e32833b1adf, indexed in Pubmed: 20520556.
- [10] <http://www.anest.eu/NNZKCZ.html>.
- [11] [www.esahq.org](http://www.esahq.org) <http://html.esahq.org/patientsafetykit/resources/index.html>.
- [12] Andres J, Hinkelbein J, Böttiger BW. The stepchild of emergency medicine: sudden unexpected cardiac arrest during anaesthesia—do we need anaesthesia-centred Advanced Life Support guidelines? Eur J Anaesthesiol. 2013; 30(3): 95–96, doi: 10.1097/EJA.0b013e328358ca45, indexed in Pubmed: 23370461.
- [13] Berry WR. Cardiac resuscitation in the operating room: reflections on how we can do better. Can J Anaesth. 2012; 59(6): 522–526, doi: 10.1007/s12630-012-9697-5, indexed in Pubmed: 22538859.
- [14] Pearse RM, Moreno RP, Bauer P, et al. European Surgical Outcomes Study (EuSOS) group for the Trials groups of the European Society of Intensive Care Medicine and the European Society of Anaesthesiology. Mortality after surgery in Europe: a 7 day cohort study. Lancet. 2012; 380(9847): 1059–1065, doi: 10.1016/S0140-6736(12)61148-9, indexed in Pubmed: 22998715.
- [15] Kazaure H, Roman S, Rosenthal R, et al. Cardiac Arrest Among Surgical Patients. JAMA Surgery. 2013; 148(1): 14–21, doi: 10.1001/jamasurg.2013.671.
- [16] Nunnally ME, O'Connor MF, Kordylewski H. The Incidence and risk factors for perioperative cardiac arrest observed in the National Anesthesia Clinical Outcomes Registry. Anesth Analg. 2015; 120: 364–370.
- [17] Hinkelbein J, Andres J, Thies KC, et al. Perioperative cardiac arrest in the operating room environment: a review of the literature. Minerva Anesthesiol. 2017; 83(11): 1190–1198, doi: 10.23736/S0375-9393.17.11802-X, indexed in Pubmed: 28358179.
- [18] Girbes ARJ, Marik PE, Zijlstra JG. The burden caused by administrators and managers: a Euro-American jumble. HealthManagement. 2016; 16(4).
- [19] The Magazine for Members of Royal College of Anaesthesiologists. Bulletin November 2016.
- [20] Michard F, Pinsky MR, Vincent JL. Intensive care medicine in 2050: NEWS for hemodynamic monitoring. Intensive Care Med. 2017; 43(3): 440–442, doi: 10.1007/s00134-016-4674-z, indexed in Pubmed: 28124086.
- [21] Einav S, O'Connor M, Chavez LO, et al. Visit to intensive care of 2050. Intensive Care Med. 2017; 43(1): 97–100, doi: 10.1007/s00134-016-4525-y, indexed in Pubmed: 27581682.

Artykuł został po raz pierwszy opublikowany w czasopiśmie „Anestezjologia Intensywna Terapija”, 2018, tom 50, numer 5, s. 335–339.

#### prof. dr hab. n. med. Janusz Andres

Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Collegium Medicum w Krakowie

# Zarządzanie respiratorem: wentylacja pacjenta

W artykule dokonano przeglądu wskazań, przeciwwskazań, postępowania i możliwych powikłań inwazyjnej wentylacji mechanicznej oraz podkreślono znaczenie zespołu interdyscyplinarnego w opiece nad pacjentami wymagającymi wspomagania wentylacji.

Konieczność wentylacji mechanicznej jest jedną z najczęstszych przyczyn przyjęć na OIOM [1, 2, 3]. Ponieważ wentylacja mechaniczna pozwala lekarzowi na zmianę wentylacji i utlenowania pacjenta, odgrywa ona ważną rolę w ostrej niewydolności oddechowej z niedotlenieniem i hiperkapnią oraz ciężkiej kwasicy lub zasadowicy metabolicznej.[4, 5]

## Fizjologia wentylacji mechanicznej

Wentylacja mechaniczna ma kilka wpływów na mechanikę płuc. Normalna fizjologia układu oddechowego działa jako system podciśnienia. Kiedy przepona naciska w dół podczas wdechu, w jamie opłucnej powstaje podciśnienie, które z kolei wytwarza podciśnienie w drogach oddechowych, które zasysają powietrze do płuc. To samo podciśnienie wewnątrz klatki piersiowej zmniejsza ciśnienie w prawym przedsionku (RA) i generuje efekt ssący w żyłę główną dolną (IVC), zwiększając powrót żylny. Zastosowanie wentylacji nadciśnieniowej modyfikuje tę fizjologię. Nadciśnienie wytwarzane przez respirator jest przekazywane do górnych dróg oddechowych i ostatecznie do pęcherzyków płucnych; to z kolei jest przenoszone do przestrzeni zębodołowej i klatki piersiowej, tworząc dodatnie ciśnienie (lub przynajmniej niższe podciśnienie) w przestrzeni opłucnowej.

Wzrost ciśnienia RA i spadek powrotu żylnego generują spadek obciążenia wstępnego. Ma to dwojaki skutek w postaci zmniejszenia pojemności minutowej serca: mniej krwi w prawej komorze oznacza, że mniej krwi dociera do lewej komory i mniej krwi można wypompować, zmniejszając pojemność minutową serca. Niższe obciążenie wstępne oznacza, że serce pracuje w mniej wydajnym punkcie na krzywej przyspieszenia, generując mniej wydajną pracę i dodatkowo zmniejszając pojemność minutową serca, co spowoduje spadek średniego ciśnienia tętniczego (MAP), jeśli nie ma odpowiedzi kompensacyjnej poprzez zwiększone ogólnoustrojowy opór naczyniowy (SVR). Jest to bardzo ważne w przypadku pacjentów, którzy mogą nie

Inwazyjna wentylacja mechaniczna jest często stosowaną interwencją u pacjentów w stanie ostrym, którzy wymagają wspomagania oddychania lub ochrony dróg oddechowych. Wentylator umożliwia utrzymanie wymiany gazowej podczas podawania innych zabiegów poprawiających stan kliniczny.

być w stanie zwiększyć SVR, na przykład u pacjentów ze wstrząsem dystrybucyjnym (septycznym, neurogenym lub anafilaktycznym).

Z drugiej strony nadciśnieniowa wentylacja mechaniczna może znacznie zmniejszyć pracę oddechową. To z kolei zmniejsza przepływ krwi do mięśni oddechowych i rozprowadza ją do najbardziej krytycznych narządów. Zmniejszenie pracy mięśni oddechowych zmniejsza również wytwarzanie CO<sub>2</sub> i mleczanu z tych mięśni, pomagając poprawić kwasicy.

## Wpływ wentylacji mechanicznej dodatnim ciśnieniem na powrót żylny może być przydatny u pacjentów z kardiogenym obrzękiem płuc

U tych pacjentów z przeciążeniem objętościowym zmniejszenie powrotu żylnego bezpośrednio zmniejsza ilość generowanego obrzęku płuc, zmniejszając rzut prawej komory serca. Jednocześnie zmniejszenie powrotu żylnego może poprawić nadmierne rozciągnięcie lewej komory, umieszczając ją w korzystniejszym punkcie krzywej Franka-Starlinga i prawdopodobnie poprawiając pojemność minutową serca.

Właściwe zarządzanie wentylacją mechaniczną wymaga również zrozumienia ciśnień płucnych i podatności płuc. Normalna podatność płuc wynosi około 100 ml/cm H<sub>2</sub>O. Oznacza to, że w prawidłowym płucu podanie 500 ml powietrza przez wentylację dodatnim ciśnieniem spowoduje wzrost ciśnienia pęcherzykowego o 5 cm H<sub>2</sub>O. I odwrotnie, podanie dodatniego ciśnienia 5 cm H<sub>2</sub>O spowoduje zwiększenie objętości płuc o 500 ml.

Podczas pracy z nieprawidłowymi płucami podatność może być znacznie wyższa lub znacznie niższa. Każda choroba, która niszczy miąższ płucny, taka jak rozedma płuc, zwiększa podatność, podczas gdy każda choroba, która powoduje sztywniejsze płuca (ARDSzapalenie płuc, obrzęk płuc, zwłóknienie płuc) zmniejsza podatność płuc.

Problem ze sztywnymi płucami polega na tym, że niewielki wzrost objętości może generować duży wzrost ciśnienia i powodować barotraumę. Powoduje to problem u pacjentów z hiperkapnią lub kwasicą, ponieważ może być konieczne zwiększenie wentylacji minutowej w celu skorygowania tych problemów.

Zwiększenie częstości oddechów może poradzić sobie z tym wzrostem wentylacji minutowej, ale jeśli nie jest

to wykonalne, zwiększenie objętości oddechowej może zwiększyć ciśnienie plateau i spowodować barotraumę.

### Istnieją dwa ważne ciśnienia w systemie, o których należy pamiętać podczas mechanicznej wentylacji pacjenta:

- Ciśnienie szczytowe to ciśnienie osiągnięte podczas wdechu, gdy powietrze jest włączane do płuc i jest miarą oporu dróg oddechowych.
- Ciśnienie plateau to ciśnienie statyczne osiągnięte na końcu pełnego wdechu. Aby zmierzyć ciśnienie plateau, na respiratorze należy wykonać pauzę wdechową, aby umożliwić wyrównanie ciśnienia w systemie. Ciśnienie plateau jest miarą ciśnienia pęcherzykowego i podatności płuc. Normalne ciśnienie plateau jest mniejsze niż 30 cm H<sub>2</sub>O, podczas gdy wyższe ciśnienie może powodować barotraumę.

### Wskazania do wentylacji mechanicznej

Najczęstszym wskazaniem do intubacji i wentylacji mechanicznej jest ostra niewydolność oddechowa, spowodowana niedotlenieniem lub hiperkapnią.

Inne ważne wskazania to obniżony poziom świadomości z niezdolnością do ochrony dróg oddechowych, niewydolność oddechowa, która zakończyła się niepowodzeniem nieinwazyjnej wentylacji dodatnim ciśnieniem, przypadki masywnego krwiopłucia, ciężkiego obrzęku naczynioruchowego lub dowolnego przypadku upośledzenia dróg oddechowych, takiego jak oparzenia dróg oddechowych, zatrzymanie akcji serca i wstrząs.

Częstymi planowymi wskazaniami do wentylacji mechanicznej są zabiegi chirurgiczne i zaburzenia nerwowo-mięśniowe.

### Przeciwwskazania

Nie ma bezpośrednich przeciwwskazań do wentylacji mechanicznej, gdyż jest to zabieg ratujący życie u pacjenta w stanie krytycznym i wszyscy chorzy powinni mieć możliwość skorzystania z niej w razie potrzeby.

Jedynym bezwzględnym przeciwwskazaniem do wentylacji mechanicznej jest to, czy jest ona sprzeczna z deklarowaną przez pacjenta wolą sztucznego podtrzymywania życia.

Jedynym względnym przeciwwskazaniem jest to, czy dostępna jest wentylacja nieinwazyjna i oczekuje się, że jej zastosowanie rozwiąże potrzebę wentylacji mechanicznej. Należy to rozpocząć jako pierwsze, ponieważ ma mniej komplikacji niż wentylacja mechaniczna.

Aby rozpocząć wentylację mechaniczną, należy wykonać szereg czynności. Konieczna jest weryfikacja prawidłowego umieszczenia rurki intubacyjnej. Można tego dokonać za pomocą kapnografii końcowo-wydechowej lub połączenia wyników badań klinicznych i radiologicznych.

Konieczne jest zapewnienie odpowiedniego wspomaganie układu sercowo-naczyniowego płynami lub lekami wazopresyjnymi, zgodnie z indywidualnymi wskazaniami.

### Tryby wentylacji

Po zaintubowaniu pacjenta i podłączeniu go do respira-

tora nadszedł czas na wybór trybu wentylacji. Aby robić to konsekwentnie z korzyścią dla pacjenta, należy zrozumieć kilka zasad.

Jak wspomniano wcześniej, podatność to zmiana objętości podzielona przez zmianę ciśnienia. Podczas wentylacji mechanicznej pacjenta można wybrać sposób dostarczania oddechów przez respirator. Respirator można ustawić tak, aby dostarczał z góry określoną objętość lub z góry określoną wielkość ciśnienia, a lekarz decyduje, co jest najkorzystniejsze dla pacjenta.

Wybierając dostawę respiratora, wybieramy, która będzie zmienną zależną, a która zmienną niezależną w równaniu podatności płuc. Jeśli zdecydujemy się na rozpoczęcie wentylacji kontrolowanej objętościowo, respirator zawsze będzie dostarczał tę samą objętość (zmienna niezależna), podczas gdy generowane ciśnienie będzie zależało od podatności. Jeśli podatność jest słaba, ciśnienie będzie wysokie i może wystąpić barotrauma.

Z drugiej strony, jeśli zdecydujemy się rozpocząć pacjenta od wentylacji kontrolowanej ciśnieniem, respirator zawsze będzie dostarczał takie samo ciśnienie podczas cyklu oddechowego. Jednak objętość oddechowa będzie zależała od podatności płuc, a w przypadkach, gdy podatność zmienia się często (jak w astmie), spowoduje to wygenerowanie niewiarygodnych objętości oddechowych i może spowodować hiperkapnię lub hiperwentylację.

Po wybraniu trybu dostarczania oddechu (ciśnieniowego lub objętościowego) lekarz musi zdecydować, który tryb wentylacji zastosować. Oznacza to wybór, czy respirator będzie wspomagał wszystkie oddechy pacjenta, niektóre oddechy pacjenta czy żadnego, oraz czy respirator będzie dostarczał oddechy, nawet jeśli pacjent nie oddycha samodzielnie.

Inne parametry, które należy wziąć pod uwagę, to szybkość dostarczania oddechu (przepływ), kształt fali przepływu (krzywa spowalniająca naśladuje oddechy fizjologiczne i jest wygodniejsza dla pacjenta, podczas gdy fale prostokątne, w których przepływ jest dostarczany z maksymalną szybkością podczas wdechu, są bardziej niewygodne dla pacjenta, ale zapewniają krótszy czas wdechu) oraz szybkość, z jaką dostarczane są oddechy.

Wszystkie te parametry należy dostosować, aby zapewnić pacjentowi komfort, żądaną gazometrię i uniknąć uwięzienia powietrza.

Istnieje kilka trybów wentylacji, które minimalnie różnią się od siebie. Tryby wentylacji obejmują kontrolę wspomaganą (AC), wspomaganie ciśnieniowe (PS), zsynchronizowaną przerywaną wentylację wymuszoną (SIMV) i wentylację uwalniającą ciśnienie w drogach oddechowych (APRV).

### Wentylacja wspomaganą (AC)

Sterowanie wspomaganie (regulacja głośności) jest trybem z wyboru stosowanym na większości oddziałów intensywnej terapii w Stanach Zjednoczonych, ponieważ jest łatwy w użyciu.

Cztery ustawienia (częstość oddechów, objętość oddechowa, FiO<sub>2</sub> i PEEP) można łatwo dostosować w respiratorze. Objętość dostarczana przez respirator w każdym oddechu w trybie kontroli wspomaganą będzie zawsze taka

sama, niezależnie od oddechu inicjowanego przez pacjenta lub respirator oraz podatności, ciśnienia szczytowego lub plateau w płucach. Każdy oddech może być mierzony w czasie (jeśli częstość oddechów pacjenta jest niższa niż ustawienie respiratora, urządzenie będzie dostarczać oddechy w ustalonych odstępach czasu) lub wyzwalany przez pacjenta, w przypadku gdy pacjent sam zainicjuje oddech. To sprawia, że wspomaganie sterowania jest trybem bardzo wygodnym dla pacjenta, ponieważ każdy jego wysiłek będzie uzupełniany przez respirator.

Po dokonaniu zmian w respiratorze lub po rozpoczęciu wentylacji mechanicznej pacjenta należy dokładnie sprawdzić gazometrię krwi tętniczej i obserwować wysycenie tlenem na monitorze, aby określić, czy konieczne są dalsze zmiany w respiratorze.

Zaletą trybu AC jest zwiększony komfort, łatwa korekcja kwasicy/zasadowicy oddechowej oraz mała praca oddechowa pacjenta.

Wady obejmują fakt, że ponieważ jest to tryb cyklu objętościowego, nie można bezpośrednio kontrolować ciśnień, co może powodować barotraumę, u pacjenta może rozwinąć się hiperwentylacja z układaniem oddechów, autoPEEP i zasadowica oddechowa.

Pełny opis sterowania wspomaganego znajduje się w artykule zatytułowanym „Wentylacja, sterowanie wspomaganie” [6], w części Bibliografia na końcu tego artykułu.

### Zsynchronizowana przerywana wentylacja wymuszona (SIMV)

SIMV to kolejna często stosowana metoda wentylacji, chociaż jej stosowanie wyszło z użycia ze względu na mniej wiarygodne objętości oddechowe i brak lepszych wyników niż AC.

„Zsynchronizowany” oznacza, że respirator dostosowuje dostarczanie oddechów do wysiłku pacjenta. „Przerywany” oznacza, że nie wszystkie oddechy muszą być wspomagane, a „wentylacja wymuszona” oznacza, że podobnie jak w przypadku CA wybrana jest z góry określona częstotliwość, a respirator dostarcza te wymuszone oddechy co minutę, niezależnie od wysiłku oddechowego pacjenta.

Oddechy wymuszone mogą być wyzwalane przez pacjenta lub czas, jeśli RR pacjenta jest wolniejszy niż RR respiratora (jak w przypadku CA).

Różnica w stosunku do AC polega na tym, że w trybie SIMV respirator będzie dostarczał tylko oddechy, dla których częstotliwość jest ustawiona; żadne oddechy podjęte przez pacjenta powyżej tej częstotliwości nie otrzymają objętości oddechowej ani pełnego wsparcia ciśnienia. Oznacza to, że dla każdego oddechu podjętego przez pacjenta powyżej ustawionego RR objętość oddechowa dostarczona przez pacjenta będzie zależała wyłącznie od podatności i wysiłku płuc pacjenta. Zostało to zaproponowane jako metoda „trenowania” przepony w celu utrzymania napięcia mięśniowego i szybszego odłączenia pacjentów od respiratora. Jednak liczne badania nie wykazały żadnych korzyści z SIMV. Ponadto SIMV generuje więcej pracy oddechowej niż AC, co ma negatywny wpływ na wyniki i generuje zmęczenie układu oddechowego.

Ogólna praktyczna zasada jest taka, że pacjent zostanie odłączony od respiratora, gdy będzie na to gotowy, i żaden



konkretny tryb wentylacji nie przyspieszy tego procesu.

W międzyczasie najlepiej jest zapewnić pacjentowi jak największy komfort, a tryb SIMV może nie być najlepszym trybem do osiągnięcia tego celu.

### Wentylacja wspomagana ciśnieniem (PSV)

PSV to tryb wentylacji, który całkowicie opiera się na oddechach aktywowanych przez pacjenta. Jak sama nazwa wskazuje, jest to tryb wentylacji sterowanej ciśnieniem.

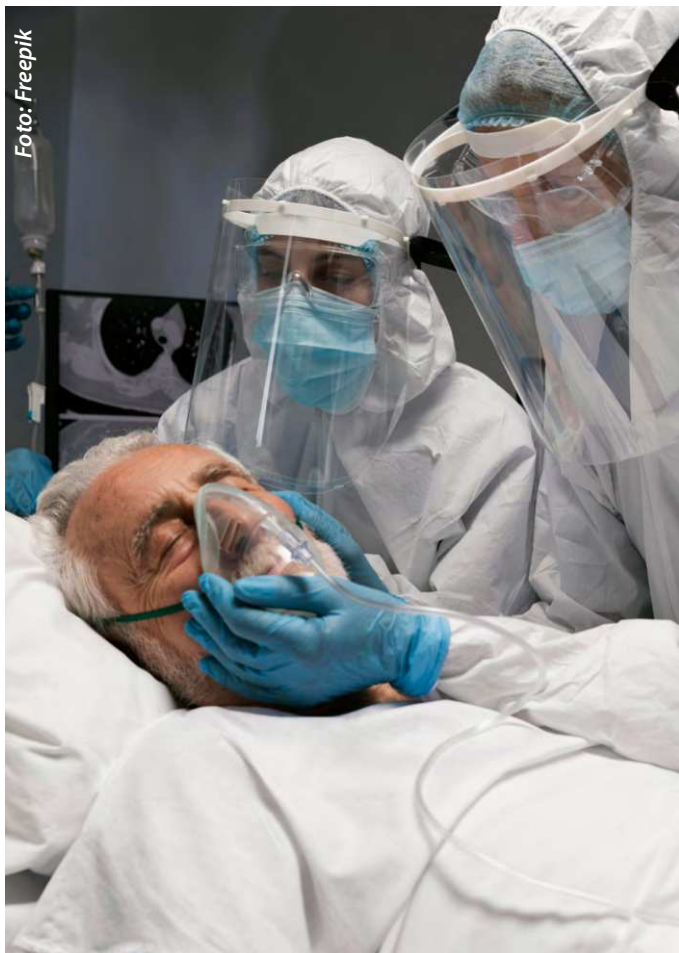
W tym trybie wszystkie oddechy są inicjowane przez pacjenta, ponieważ respirator nie ma rezerwowej częstości, więc każdy oddech musi być inicjowany przez pacjenta. W tym trybie respirator przełącza się z jednego ciśnienia na drugie (PEEP i ciśnienie wspomagające).

PEEP to ciśnienie pozostające na końcu wydechu, podczas gdy wspomaganie ciśnieniowe to ciśnienie powyżej PEEP, które respirator będzie podawać podczas każdego oddechu w celu podtrzymania wentylacji. Oznacza to, że jeśli pacjent jest ustawiony na PSV 10/5, otrzyma 5 cm H<sub>2</sub>O PEEP, a podczas wdechu otrzyma 15 cm H<sub>2</sub>O wsparcia (10 PS powyżej PEEP). Ponieważ nie ma częstotliwości rezerwowej, tryb ten nie może być stosowany u pacjentów z utratą przytomności, wstrząsem lub zatrzymaniem krążenia. Bieżące objętości zależą wyłącznie od wysiłku pacjenta i podatności płuc.

PSV jest często używany do odłączenia od respiratora, ponieważ jedynie zwiększa wysiłek oddechowy pacjenta bez zapewniania z góry określonej objętości oddechowej lub częstości oddechów.

Główną wadą PSV jest niepewność objętości oddechowej, która może powodować retencję CO<sub>2</sub> i kwasicę, a także duża praca oddechowa, która może prowadzić do zmęczenia oddechowego. Aby rozwiązać ten problem, stworzono nowy algorytm dla PSV, nazwany wentylacją wspomaganą objętościowo (VSV).

VSV jest trybem podobnym do PSV, ale w tym trybie bieżąca objętość jest wykorzystywana jako kontrola sprzężenia zwrotnego, ponieważ podparcie ciśnieniowe zapewnione pacjentowi jest stale dostosowywane do aktualnej objętości. W tym ustawieniu, jeśli objętość oddechowa zmniejszy się, respirator zwiększy podparcie ciśnieniowe,



aby zmniejszyć objętość oddechową, natomiast jeśli objętość oddechowa wzrośnie, podparcie ciśnieniowe zmniejszy się, aby utrzymać objętość oddechową bliską żądanej wentylacji minutowej.

Niektóre dowody sugerują, że stosowanie VSV może skrócić czas wspomaganą wentylacji, całkowity czas odstawienia od piersi i całkowity czas założenia T, a także zmniejszyć potrzebę sedacji.

### Wentylacja uwalniająca ciśnienie w drogach oddechowych (APRV)

Jak sama nazwa wskazuje, w trybie APRV respirator dostarcza do dróg oddechowych stałe wysokie ciśnienie, które zapewnia natlenienie, a wentylacja odbywa się poprzez uwolnienie tego ciśnienia. Tryb ten zyskał ostatnio na popularności jako alternatywa dla pacjentów z ARDS, którzy są trudni do utlenowania, u których inne tryby wentylacji nie osiągają swoich celów.

APRV opisano jako ciągłe dodatnie ciśnienie w drogach oddechowych (CPAP) z przerywaną fazą uwalniania. Oznacza to, że respirator stosuje ciągłe wysokie ciśnienie (P wysokie) przez określony czas (T wysokie), a następnie je uwalnia, zwykle wracając do zera (P niskie) przez znacznie krótszy okres czasu (T niskie).

Ideą tego jest to, że podczas T high (pokrywającego 80%-95% cyklu) następuje ciągła rekrutacja pęcherzyków płucnych, co poprawia dotlenienie, ponieważ czas utrzymywania wysokiego ciśnienia jest znacznie dłuższy niż podczas innych rodzajów wentylacji (strategia otwartych płuc). Zmniejsza to powtarzające się napełnianie i opróżnianie płuc, które występuje przy innych trybach wenty-

lacji, zapobiegając uszkodzeniu płuc wywołanemu przez respirator.

W tym okresie (T high) pacjent może swobodnie oddychać spontanicznie (co zapewnia mu komfort), ale będzie pobierał małe objętości oddechowe, ponieważ wydychanie przy takim ciśnieniu jest trudniejsze. Następnie, po osiągnięciu T high, ciśnienie w respiratorze spada do P low (zwykle zero). Powietrze jest następnie usuwane z dróg oddechowych, umożliwiając bierne wydychanie, aż do osiągnięcia niskiego T i respirator dostarczy kolejny oddech. Aby zapobiec zapadnięciu się dróg oddechowych w tym okresie, niski T jest ustawiany na krótko, zwykle na około 0.4-0.8 sekundy.

W tym przypadku, gdy ciśnienie respiratora jest ustawione na zero, elastyczny odrzut płuc wypycha powietrze na zewnątrz, ale czas nie jest wystarczająco długi, aby usunąć całe powietrze z płuc, więc ciśnienie w pęcherzykach płucnych i drogach oddechowych nie osiąga zera i zapaść dróg oddechowych nie występuje.

Ten czas jest zwykle ustawiany w taki sposób, że dolna T kończy się, gdy przepływ wydechowy spadnie do 50% przepływu początkowego.

Wentylacja na minutę będzie więc zależała od Tm low i objętości oddechowej pacjenta podczas Tmax

Wskazania do stosowania APRV:

- ARDS trudne do natlenienia za pomocą AC,
- Ostre uszkodzenie płuc,
- Niedodma pooperacyjna.

### Zalety APRV:

APRV jest dobrym sposobem wentylacji chroniącej płuca. Możliwość ustawienia wysokiego P oznacza, że operator ma kontrolę nad ciśnieniem plateau, co może znacznie zmniejszyć częstość występowania barotraumy. Gdy pacjent rozpoczyna wysiłek oddechowy, dystrybucja gazów jest lepsza dzięki lepszemu dopasowaniu V/Q. Stałe wysokie ciśnienie oznacza zwiększoną rekrutację (strategia otwartych płuc). APRV może poprawić natlenienie u pacjentów z ARDS, którzy mają trudności z dotlenieniem za pomocą AC.

APRV może zmniejszyć potrzebę stosowania środków uspokajających i blokujących przewodnictwo nerwowo-mięśniowe, ponieważ pacjent może czuć się bardziej komfortowo w porównaniu z innymi metodami.

### Wady i przeciwwskazania:

Ponieważ oddychanie spontaniczne jest ważnym aspektem APRV, nie jest ono idealne dla silnie uspokojonych pacjentów. Nie ma danych dotyczących stosowania APRV w zaburzeniach nerwowo-mięśniowych lub obturacyjnej chorobie płuc i należy unikać jego stosowania w tych populacjach pacjentów. Teoretycznie stałe wysokie ciśnienie wewnątrz klatki piersiowej może generować podwyższone ciśnienie w tętnicy płucnej i pogarszać przecieki wewnątrzsercowe u pacjentów z fizjologią Eisenmengera.

Wybór APRV jako trybu wentylacji zamiast bardziej konwencjonalnych trybów, takich jak AC, wymaga silnego uzasadnienia klinicznego.

Szczególną uwagę należy zwrócić na ustawienia wentylacji w następujących okolicznościach:

- POChP jest przypadkiem szczególnym, ponieważ czy-

ste płuca POChP mają wysoką podatność, co powoduje dużą tendencję do dynamicznego blokowania przepływu powietrza z powodu zapadania się dróg oddechowych i uwięzienia powietrza, co sprawia, że pacjenci z POChP są bardzo podatni na rozwój auto-PEEP. Stosowanie strategii wentylacji zapobiegawczej z wysokim przepływem i niską częstością oddechów może pomóc w zapobieganiu samoczynnemu PEEP. Innym ważnym aspektem, który należy wziąć pod uwagę w przewlekłej niewydolności oddechowej z hiperkapnią (z powodu POChP lub z innego powodu), jest to, że nie jest konieczne korygowanie CO<sub>2</sub> w celu przywrócenia go do normy, ponieważ u tych pacjentów problemy z oddychaniem są zwykle wyrównane metabolicznie. Jeśli pacjent jest wentylowany do normalnego poziomu CO<sub>2</sub>, jego poziom wodorowęglanów spada, a po ekstubacji szybko przechodzi w kwasicę oddechową, ponieważ nerki nie mogą reagować tak szybko, jak płuca, a CO<sub>2</sub> wraca do wartości wyjściowych, powodując niewydolność oddechową i ponowną intubację. Aby tego uniknąć, cele CO<sub>2</sub> należy określić na podstawie pH i wcześniej znanej lub obliczonej linii bazowej.

• Astma: Podobnie jak w przypadku POChP, pacjenci z astmą są bardzo podatni na uwięzienie powietrza, chociaż przyczyna jest inna. W astmie uwięzienie powietrza jest spowodowane stanem zapalnym, skurczem oskrzeli i czopami śluzowymi, a nie zapadnięciem się dróg oddechowych. Strategia zapobiegania samo-PEEP jest podobna do strategii stosowanej w POChP.

• Kardiogeny obrzęk płuc: podwyższony PEEP może zmniejszyć powrót żylny i pomóc w rozwiązaniu obrzęku płuc, a także zwiększyć pojemność minutową serca. Należy zadbać o to, aby przed ekstubacją pacjent otrzymał odpowiednie środki moczopędne, ponieważ usunięcie dodatniego ciśnienia może wywołać nowy obrzęk płuc.

• ARDS to rodzaj niekardiogenego obrzęku płuc. Wykazuje, że strategia otwartych płuc z wysokim PEEP i małą objętością oddechową poprawia śmiertelność.

• Zatorowość płucna to trudna sytuacja. Pacjenci ci są bardzo zależni od obciążenia wstępnego ze względu na ostry wzrost ciśnienia w prawym przedsionku. Intubacja tych pacjentów zwiększy ciśnienie RA i dodatkowo zmniejszy powrót żylny, co wiąże się z ryzykiem wystąpienia wstrząsu. Jeśli nie ma możliwości uniknięcia intubacji, należy zwrócić uwagę na ciśnienie krwi i niezwłocznie rozpocząć podawanie leku wazopresyjnego.

• Ciężka czysta kwasica metaboliczna stanowi problem. Podczas intubacji tych pacjentów należy zwrócić szczególną uwagę na ich minutową wentylację przed intubacją. Jeśli taka wentylacja nie zostanie zapewniona po uruchomieniu wspomaganie mechanicznego, pH będzie dalej spadać, co może przyspieszyć zatrzymanie akcji serca.

### Opracowanie: redakcja na podstawie materiału:

<https://www.emergency-live.com/pl/sprz%C4%99t/zarz%C4%85dzanie-respiratorem-wentylacja-pacjenta/>

REKLAMA

**HAMILTON**  
**MEDICAL**  
Intelligent Ventilation since 1983



**Ekomark**

Autoryzowany, wyłączny przedstawiciel:

**EKOMARK Sp. z o.o.**  
ekomark@ekomark.pl  
www.ekomark.pl

# Nowoczesne rozwiązania dla Oddziałów Intensywnej Terapii



Wychodząc naprzeciw wymaganiom rynkowym, firma TDZ Technika dla Zdrowia Sp. z o.o. wprowadziła do swojego portfolio nowoczesne rozwiązania dla szpitali i oferuje wysokiej jakości produkty dedykowane między innymi oddziałom Neonatologii i Intensywnej Terapii Noworodka. Jednym z takich rozwiązań są produkty firmy TSE (Czechy).

Inkubator zamknięty TSE Shelly to produkt skierowany do wymagającego użytkownika z myślą o wysokich standardach opieki nad noworodkiem. Urządzenie zapewnia nieprzerwaną kontrolę i bezpieczeństwo w opiece nad dzieckiem, tworząc optymalne warunki niezbędne dla jego powrotu do zdrowia.

Inkubator TSE Shelly wyróżnia m.in.: kompaktowa konstrukcja, łatwy dostęp do dziecka – okna dostępne z każdej strony (co jest kluczowe przy terapii oddechowej z użyciem respiratora) oraz możliwość zastosowania najnowszych technologii pomiarowych w tym np. SpO<sub>2</sub>

firmy MASSIMO. Produkt posiada precyzyjną wagę, ciche, intuicyjne pozycjonowanie zarówno leża, jak i całej kopuły, możliwość pełnej kontroli nad parametrami użytkowymi i ustawieniami alarmowymi. Istotnym elementem jest również łatwy dostęp do wszystkich podzespołów konstrukcyjnych, możliwość dezynfekcji i sterylizacji kluczowych elementów.

Nowoczesnym rozwiązaniem jest możliwość automatycznej rejestracji parametrów życiowych dziecka oraz nastawów inkubatora za pośrednictwem platformy EKIT do tworzenia elektronicznej dokumentacji z pobytu na OIT.

TDZ Technika dla Zdrowia Sp. z o.o. zapewnia pełne wsparcie specjalistów przy konfiguracji, montażu, szkoleniu oraz profesjonalną opiekę serwisową: gwarancyjną i pogwarancyjną.



## Cyfrowa platforma EKIT

Szale rosnące standardy i wymagania opieki nad chorym w Oddziałach Intensywnej Terapii powodują, iż coraz większą rolę odgrywa dokładność oraz automatyzacja dokumentacji pobytu pacjenta. Aplikacje ułatwiające pracę personelu niedługo staną się nieodzowną częścią procesu dokumentowania, planowania i oceny leczenia.

Cyfrowa platforma EKIT (Elektroniczna Karta Intensywnej Terapii) pozwala na sprawne przejście od dokumentacji papierowej do elektronicznej. Bazą systemu jest automatyczny pobór danych i parametrów z urządzeń medycznych takich jak monitory pacjenta, respiratory, inkubatory oraz pompy infuzyjne. Już ta funkcjonalność pozwala na znaczną oszczędność czasu oraz redukuje ilość błędnych wpisów nawet do 1,33% [1]. Konfigurowalne notyfikacje (przypomnienia) pozwalają na sprawne i regularne wykonywanie procedur (pomiar diurezy, ocena bólu itp.). Indywidualne ustawienia systemu adaptują aplikację do

lokalnych wymogów oraz specyfiki danego oddziału, np. Intensywnej Terapii Noworodka, Intensywnej Terapii Kardiologicznej.

Przeprowadzone m.in. w pracy [2] badania wskazują, iż implementacja systemu klasy CIS pozwala na znaczne skrócenie średniego czasu pobytu pacjenta na Oddziale Intensywnej Terapii ze średniej  $8,5 \pm 15,2$  do  $6,8 \pm 12,9$  doby. Dynamiczny rozwój platformy EKIT w niedługim czasie zaowocuje podobnymi badaniami przeprowadzonymi w warunkach polskiego szpitala z niewątpliwą korzyścią dla pacjentów oraz personelu.

[1] Zhang S, Quan YY, Chen J. Construction and application of an ICU nursing electronic medical record quality control system in a Chinese tertiary hospital: a prospective controlled trial. *BMC Nurs.* 2024 Jul 18;23(1):493. doi: 10.1186/s12912-024-02178-3. PMID: 39026330; PMCID: PMC11256424.

[2] Levesque, E., Hoti, E., Azoulay, D. et al. The implementation of an Intensive Care Information System allows shortening the ICU length of stay. *J Clin Monit Comput* 29, 263–269 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10877-014-9592-4>.

**TDZ Technika dla zdrowia Sp. z o.o.**  
<https://technikadlazedrowia.pl/>



# Sprzęt i wyposażenie medyczne



## Twoje zaufanie, nasza jakość: sprzęt medyczny, na którym możesz polegać

W dynamicznie rozwijającej się branży medycznej dostęp do wysokiej jakości sprzętu medycznego jest kluczowy dla zapewnienia pacjentom najlepszej opieki zdrowotnej. Jednak zakup nowego sprzętu to często duży wydatek, zwłaszcza dla mniejszych placówek medycznych, przychodni czy indywidualnych praktyk lekarskich. Z pomocą przychodzi firma Aresto-Med, która od lat specjalizuje się w sprzedaży rekondycjonowanego sprzętu medycznego. Dzięki ich działalności, dostęp do nowoczesnych technologii staje się bardziej przystępny, bez kompromisów na jakości.

## Dlaczego warto wybrać Aresto-Med?

Jest to firma, która zbudowała swoją reputację na solidności, wiedzy technicznej i indywidualnym podejściu do klienta. Każdy sprzęt, który trafia do rąk nowego właściciela, przechodzi rygorystyczne testy jakościowe, zgodne z międzynarodowymi standardami. Proces rekondycjonowania jest szczegółowy i wieloetapowy, co gwarantuje, że każdy produkt spełnia wymogi bezpieczeństwa i efektywności, kluczowe w medycynie.

## Nowe aparaty anestezyjologiczne w ofercie

W ostatnich miesiącach z powodzeniem rozszerzyli swoją ofertę o około 80 nowych aparatu



tów anestezyjologicznych GE Datex Ohmeda Carestation 650. Te zaawansowane urządzenia, znane z niezawodności i precyzji, sprostają najwyższym standardom opieki anestezyjologicznej. Aparaty te są szeroko stosowane w placówkach medycznych na całym świecie, dzięki czemu stanowią istotny element wyposażenia każdej nowoczesnej sali operacyjnej.

Dzięki wprowadzeniu tych urządzeń do sprzedaży, firma umożliwia placówkom medycznym dostęp do najnowszych technologii w dziedzinie anestezyjologii w atrakcyjnych cenach. Aparaty Carestation 650 cechują się zaawansowanymi funkcjami monitorowania i kontroli, co zapewnia najwyższy poziom bezpieczeństwa pacjenta podczas znieczulenia.

Pozyskanie tak znaczącej liczby urządzeń to kolejny krok w kierunku umacniania swojej pozycji na rynku jako lidera w sprzedaży sprzętu medycznego, oferując klientom jeszcze większy wybór i dostęp do technologii z najwyższej półki za ułamek ceny katalogowej.

## Gwarancja jakości i wsparcie techniczne

Zakup sprzętu to inwestycja nie tylko w nowoczesne technologie, ale również w pewność i bezpieczeństwo. Klienci mogą liczyć na wsparcie techniczne zarówno w trakcie użytkowania sprzętu, jak i po okresie gwarancyjnym. Zapewniają serwis i części zamienne, co gwarantuje długowieczność użytkowania zakupionych urządzeń.

## Współpraca na długie lata

Firma nie kończy swojej misji w momencie dostarczenia sprzętu do klienta. Dzięki stałemu wsparciu technicznemu i serwisowi, firma buduje długotrwałe relacje z placówkami medycznymi, które mogą liczyć na szybką reakcję w razie jakichkolwiek problemów. Wybierając Aresto-Med, placówki medyczne mogą mieć pewność, że inwestując w sprzęt, który będzie im służył przez lata, zapewniając najwyższą jakość opieki nad pacjentami.

<https://arestomed.pl/>



# Fizjoterapia oddechowa – urządzenia wykorzystywane w badaniu i terapii pacjentów

Agnieszka Lewko

Zakres i obszary oddziaływania fizjoterapii oddechowej są szerokie, a specjaliści z tej dziedziny powinni stanowić integralną część zespołów terapeutycznych zwłaszcza w szpitalach, przychodniach, ośrodkach opieki długoterminowej i paliatywnej oraz w opiece domowej. Fizjoterapia oddechowa jest wykorzystywana w pracy m.in. z pacjentami torakochirurgicznymi, osobami z chorobami nerwowo-mięśniowymi, z dysfunkcją kaszlu i zaburzeniami wentylacji, z wysokim uszkodzeniem rdzenia kręgowego, z zaburzeniami wentylacji w zaostrzeniach chorób przewlekłych, z pacjentami wentylowanymi na oddziałach intensywnej terapii, z pacjentami z przewlekłymi chorobami układu oddechowego, czy też hospitalizowanymi z powodu ostrego przebiegu infekcji płuc/oskrzeli w różnym wieku, włączając dzieci [1].

## Badanie pacjenta

W celu indywidualnego doboru terapii, fizjoterapeuci muszą dokonać szczegółowego badania pacjenta w celu określenia problemów terapeutycznych [2]. Badanie to dostosowuje się w zależności od stanu pacjenta, rodzaju dysfunkcji oddechowej czy też rozpoznanych w trakcie badania objawów. Fizjoterapeuci w swoim badaniu mogą wykorzystywać systemy monitorowania funkcji życiowych czy też zastosować mniejsze przenośne urządzenia. Pulsoksymetria mierzy saturację tlenową, czyli wysycenie krwi tętniczej tlenem ( $SpO_2$ ) oraz tętno. Do oceny wykorzystuje się urządzenia spektrofotometryczne, wykorzystujące zjawisko różnej absorpcji światła przez hemoglobinę utlenowaną i odtlenowaną. Najczęściej stosuje się pulsoksymetrię napalcową mierzącą nasycenie tlenu z krwi w kapilarach, jednak precyzyjność badania może być zaburzona w przypadku, gdy krążenie (np. zwężenie naczyń) lub absorpcja światła (np. ciemny lakier na paznokciach) są upośledzone [3]. W fizjoterapii pulsoksymetrię stosuje się często w trakcie ćwiczeń czy mobilizacji, aby określić zmiany natlenowania krwi w trakcie wysiłku czy też by określić zapotrzebowanie na tlenoterapię ambulatoryjną [4].

Czasem u pacjentów w przewlekłymi chorobami układu oddechowego ważną jest również ocena funkcji płuc. Spirometria jest metodą oceny czynności płuc poprzez pomiar objętości powietrza wydychanego i prędkości wydychanego powietrza. Można w ten sposób określić np. obturację



Zastosowanie Asystora Kaszlu

oskrzeli u pacjentów z POChP. Dla potrzeb planowania fizjoterapii najczęściej oceniane są natężona objętość wydechowa pierwszosekundowa ang. *forced expiratory volume in first second* (FEV<sub>1</sub>) i natężona pojemność życiowa ang. *forced vital capacity* (FVC). Jest wiele rodzajów spirometrów, które można dobrać w zależności, czy badanie wykonuje się w szpitalu przy łóżku pacjenta, w przychodni, czy też w domu pacjenta. Małe, podręczne urządzenia są niedro-

gie i szybkie w użyciu, można z nich korzystać w domu pacjenta, ale nie mają opcji drukowania wyników czy też kalkulowania wyników procentowych przewidywalnych wartości. Elektroniczne spirometry stacjonarne mierzą przepływ i objętość z wyświetlaczem w czasie rzeczywistym, mogą posiadać opcję drukowania. Spirometry komputerowe, dzięki aplikacji dołączonej do urządzenia, pozwalają badać spirometryczne rejestrować bezpośrednio na komputerze lub laptopie.



Pikflowmetr

Pikflowmetr jest to proste urządzenie mierzące prędkość przepływu wydychanego powietrza i może być połączone z maską ustno-nosową lub ustnikiem. Za jego pomocą można wykonać pomiar szczytowego przepływu wydechowego (ang. *Peak Expiratory Flow* - PEF) lub kaszlowego (ang. *Peak Cough Flow* - PCF). PEF służyć może do monitorowania obstrukcji oskrzeli (np. u osób z astmą) lub ocenie efektywności terapii (np. po oczyszczeniu dróg oddechowych). Natomiast wykonywany przez maskę PCF określić może skuteczność usuwania wydzieliny i funkcji mięśni wydechowych w zaburzeniach nerwowo-mięśniowych [5, 6, 7].

Fizjoterapeuta może również wykonać badanie siły mięśni oddechowych. Do oceny siły mięśni wdechowych i wydechowych stosuje się urządzenia do pomiaru ciśnienia oddechowego [2, 8]:

- maksymalnego ciśnienia wdechowego przez usta – ang. *maximal inspiratory pressure* (MIP) - wskazującego na siłę przepony i innych mięśni wdechowych,
- maksymalnego ciśnienia wydechowego przez usta – ang. *maximal expiratory pressure* (MEP) – wskazującego na siłę mięśni wydechowych i siłę kaszlu,

- maksymalnego ciśnienia wdechowego przez nos – ang. *sniff nasal inspiratory pressure* (SNIP) – dla chorych, którzy mają problem z utrzymaniem szczelności na ustniku.

### Urządzenia wykorzystywane w terapii pacjenta

Dodatknie ciśnienie wydechowe ang. *Positive Expiratory Pressure* (PEP) stosuje się już ok. 50 lat jako technikę oczyszczania dróg oddechowych u pacjentów z chronicznymi chorobami dróg oddechowych, np. z mukowiscydozą. Urządzenia typu PEP wytwarzają opór przy aktywnym wydechu pacjenta, ułatwiając mobilizację i przesuwanie wydzieliny.

Na rynku istnieje wiele urządzeń tego typu różniących się nieco technicznie mechanizmem wytwarzającym opór lub dodatkową oscylację i występują pod inną nazwą komercyjną w zależności od producenta.

Podczas stosowania tych urządzeń zalecane jest dołączenie manometru w celu pomiaru wytworzonego ciśnienia i osiągnięcia efektu terapeutycznego, dążąc do wytworzenia optymalnego ciśnienia wydechowego [9, 10].

Stosuje się dwa rodzaje urządzeń wykorzystujących dodatkowo ciśnienie wydechowe:

- dodatnie ciśnienie wydechowe ang. *Positive Expiratory Pressure* (PEP),
- dodatnie ciśnienie wydechowe z oscylacją ang. *Oscillatory Positive Expiratory Pressure* (OPEP).

Kolejną metodą, którą można zastosować w fizjoterapii oddechowej, jest trening mięśni oddechowych, polegający na zastosowaniu oporu w trakcie wdechu (trening mięśni wdechowych) lub wydechu (trening mięśni wydechowych). W oparciu o badania, taki trening wskazany jest tylko dla określonych grup pacjentów, np. u pacjentów wentylowanych mechanicznie na intensywnej terapii [11]. W treningu mięśni oddechowych stosuje się dwa typy urządzeń: do treningu siły lub wytrzymałości tych mięśni. Pierwsze stosujące obciążenie progu ciśnienia wdechowego a drugie wykorzystujące technikę dobrowolnej hiperwentylacji izokapnicznej. Protokół treningu powinien być dobrany indywidualnie na podstawie badania siły mięśni oddechowych i mieć określoną intensywność, czas wykonywania, częstotliwość i progresję.

W ostatniej dekadzie w fizjoterapii oddechowej coraz częściej wykorzystuje się również urządzenia generujące dodatnie i/lub ujemne ciśnienie. Mechaniczna Insuflacja-Eksuflacja ang. *mechanical insufflation-exsufflation* (MI-E) to technika wspomaganie kaszlu, w której wykorzystuje się urządzenia (asystory kaszlu, zwane również koflatorami) generujące dodatnie i ujemne ciśnienie. Urządzenie to stosuje się najczęściej u osób z zaburzoną funkcją kaszlu w wyniku przebiegu chorób nerwowo-mięśniowych lub neurologicznych jako urządzenie wspomagające oczyszczanie dróg oddechowych [12]. Dodatkowo ciśnienie (insuflacja) wspomaga fazę wdechową kaszlu, a generowane w fazie wydechowej ciśnienie ujemne (eksuflacja) pomaga w ewakuacji wydzieliny z dróg oddechowych. Do terapii wykorzystuje się maski nosowo-twarzowe szczelnie dopasowane do twarzy.

Fizjoterapeuci coraz częściej pracują też z pacjentami z ostrą lub przewlekłą niewydolnością oddechową typu drugiego [13]. Aby wspomóc osłabione lub zmęczone mięśnie



Spirometr i urządzenie do pomiaru ciśnienia oddechowego (MIP, MEP i SNIP)


**NIPPY Clearway® – Asystor Kaszlu**

wdechowe stosuje się nieinwazyjną wentylację ang. *Non-invasive ventilation* (NIV), zwaną również *Bi-level Positive Airway Pressure* (BiPAP). W terapii tej wykorzystuje się respiratory generujące dwa poziomy dodatniego ciśnienia (wyższe na wdechu i niższe na wydechu) wspomagające mięśnie wdechowe na wdechu i zapobiegające zamknięciu światła oskrzeli na wydechu. W terapii NIV stosuje się obwody zamknięte, które poprzez szczelnie przylegające maski twarzowe, twarzowo-nosowe lub hełmy dostarczają powietrze pod zwiększonym ciśnieniem do dróg oddechowych. Wykorzystując urządzenia generujące ciśnienie dostarczane do płuc pacjenta, należy pamiętać o zasadach higieny, stosowaniu specjalnych filtrów chroniących zarówno pacjenta, jak i sam aparat, indywidualnych obwodów i masek oraz o regularnej wymianie obwodów i masek przy długotrwałym stosowaniu.


**PEP z ustnikiem typu PariPEP™**
**PEP z oscylacją (OPEP) typu Aerobika®**


## Literatura

- [1] Lewko A, Pyszora, A (2020a) Fizjoterapia oddechowa – to nie tylko ćwiczenia oddechowe i odkrztuszanie. *Głos Fizjoterapeuty*, SARS-CoV-2 edycja specjalna nr 3: 42-44. ISSN (print) 2545-3637 <https://glosfizjoterapeuty.pl/2020/06/fizjoterapia-oddechowa-to-nie-cwiczenia-oddechowe-i-odkrztuszanie/>
- [2] Lewko, A., Pyszora, A. (2020b) *Badanie fizjoterapeutyczne pacjenta z dysfunkcją układu oddechowego*. Wydawnictwo Krajowa Rada Fizjoterapeutów (KIF), Warszawa; ISBN 978-83-954581-2-5 [dostęp 27.05.2024] Dostępne z: [https://kif.info.pl/wp-content/uploads/2020/12/Badanie-fizjoterapeutyczne\\_18.12.pdf](https://kif.info.pl/wp-content/uploads/2020/12/Badanie-fizjoterapeutyczne_18.12.pdf).
- [3] Chan E.D., Chan M.M., Chan M.M. (2013). Pulse oximetry: Understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations. *Respiratory Medicine*: 107 (6): 789-799 <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2013.02.004>.
- [4] Lewko A., Marshall J., Canavan J., Garrod. R. (2007) Ambulatory Oxygen therapy assessment: A comparative study of physiological response to incremental shuttle and six-minute walking tests. *Physiotherapy* 93: 261-266 <https://doi.org/10.1016/j.physio.2007.03.002>.
- [5] Chatwin, M., Toussaint, M., Gonçalves, M.R. et al. (2018). Airway clearance techniques in neuromuscular disorders: A state of the art review. *Respir Med.*; 136:98-110. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2018.01.012>.
- [6] Laveneziana, P. et al. (2019) ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise, *The European Respiratory Journal*, 53(6), 1-34.
- [7] Kulnik ST, Lewko A, MacBean V, Spinou A (2020) Accuracy in the assessment of cough peak flow : good progress for a "work in progress". *Respiratory Care* 2020, 65(1): 133-134 <https://doi.org/10.4187/respcare.07454>.
- [8] Lewko A, Sidaway M, Kulnik ST, Krawczyk M. (2021). Agreement and reliability of repeated bedside respiratory muscle strength measurements in acute and sub-acute stroke. *Physiotherapy Research International*: e1892. <https://doi.org/10.1002/pri.1892>.
- [9] Morgan, S.E., Mosakowski, S., Giles, B.L. et al. (2020). Variability in expiratory flow requirements among oscillatory positive expiratory pressure. *Can J Respir Ther.*; 56:7-10. DOI: 10.29390/cjrt-2019-025.
- [10] Coppolo, D.P., Schloss, J., Suggett, J.A. et al. (2022). Non-Pharmaceutical Techniques for Obstructive Airway Clearance Focusing on the Role of Oscillating Positive Expiratory Pressure (OPEP): A Narrative Review. *Pulm Ther.*; 8(1):1-41. DOI: 10.1007/s41030-021-00178-1.
- [11] Bissett B., Leditschke I.A., Green M., Marzano V., Collins S., Van Haren F. (2019). Inspiratory muscle training for intensive care patients: A multidisciplinary practical guide for clinicians. *Australian Critical Care*; 32 (3): 249-255. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2018.06.001>.
- [12] Sheers NL, Andersen T, Chatwin M. Airway Clearance in Neuromuscular Disease. *Sleep Med Clin*. 2024 Sep;19(3):485-496. doi: 10.1016/j.jsmc.2024.04.009.
- [13] Rochweg B, Brochard L, Elliott MW, et al. (2017) Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *European Respiratory Journal*; 50: 1602426. doi: 10.1183/13993003.02426-2016.

## Dr Agnieszka Lewko

Assistant Professor, Coventry University. Doktor nauk o zdrowiu Uniwersytetu Londyńskiego, specjalistka fizjoterapii oddechowej. Członkini Brytyjskiego Towarzystwa Klatki Piersiowej (BTS), Europejskiego Towarzystwa Oddechowego (ERS), Polskiego Towarzystwa Chorób Płuc (PTChP); Przewodnicząca Redakcji Stowarzyszenie Fizjoterapeutów w Opiece Oddechowej (ACPRC) współtwórczyni konspektu i programu HERMES dla fizjoterapii oddechowej.



# WARSAW MEDICAL EXPO

## MIĘDZYNARODOWE TARGI MEDYCZNE

Organizator:

PTAK  
WARSAW  
EXPO

Ufi  
Member

ZAREJESTRUJ SIĘ



Central European  
Medical Symposium

# 26-28

LISTOPADA 2024

[www.warsawmedicalexp.com](http://www.warsawmedicalexp.com)

WarsawMedicalExpo @warsawmedicalexp

# UBL2

## Teraz w wersji multikolor

System UBL2 z wielokolorowym światłem stanowi optymalne rozwiązanie w szpitalach, domach opieki i opiece domowej, zwiększając poziom wydajności i pomagając zmniejszyć ryzyko potknięcia.

### Wizualizacja poprzez kolor

Opcje wielokolorowe umożliwiają opiekunom szybką identyfikację stanu łóżka na odległość, zwiększając wydajność i poprawiając poziom opieki. Ustawienia kolorów można dostosować do indywidualnych potrzeb.

UBL2 pomaga zapobiegać ryzyku upadków w nocy, zapewniając pacjentom wyraźną i bezpieczną nawigację w ciemnym otoczeniu, minimalizując jednocześnie zakłócenia dla innych pacjentów.

### Zmiana koloru

Możliwość zmiany koloru podczas użytkowania oferuje łatwy sposób komunikacji za pomocą kolorów w celu szybkiej identyfikacji statusu łóżka.

### Specyfikacja

- 3 diody LED zapewniają mocne oświetlenie
- Różne opcje kolorów: ciepły biały, zimny biały, czerwony, zielony, niebieski, żółty, magenta i cyjan
- Konfigurowalne ustawienia kolorów
- Zmiana koloru podczas użytkowania
- Kompatybilny ze skrzynkami kontrolnymi LINAK® OpenBus™
- Zmywalne IPX6 i IPX6 Washable DURA™ zapewnia optymalną higienę



Dowiedz się więcej o UBL2,  
odwiedź naszą stronę [LINAK.PL](https://linak.pl)

Łóżka szpitalne



Łóżka w domach opieki



Domowe łóżka medyczne

