

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
Im. EUGENIUSZA PIASECKIEGO
W POZNANIU

Magdalena Migaj

**OCENA ELEMENTÓW SPRAWNOŚCI FUNKCJONALNEJ ORAZ
ZMIAN TERMICZNYCH SKÓRY PACJENTÓW Z
NIEWYDOLNOŚCIĄ SERCA Z OBNIŻONĄ FRAKCJĄ WYRZUTOWĄ
LEWEJ KOMORY**

ROZPRAWA NA STOPIEŃ DOKTORA NAUK O ZDROWIU

Opiekun naukowy: dr hab. n.k.f., dr n.med. Anna Straburzyńska-Lupa, prof.AWF

Opiekun pomocniczy: dr n. med. Marta Kałużna-Oleksy

Poznań 2021

Mojej Mamie

Spis treści

1. Wykaz skrótów	5
2. Streszczenie	8
3. Wstęp	11
3.1. Niewydolność serca – definicja, diagnostyka, epidemiologia	12
3.2. Historia Polskiej Rehabilitacji Kardiologicznej	14
3.3. Stanowisko zagranicznych ekspertów w programowaniu rehabilitacji i wtórnej profilaktyki... ..	14
3.4. Rola badania spiroergometrycznego w funkcjonalnej ocenie pacjentów z niewydolnością serca	19
3.5. Leczenie niefarmakologiczne	19
3.6. Funkcjonalna ocena pacjentów z niewydolnością serca	21
3.6.1. Fullerton Functional Fitness Test w funkcjonalnej ocenie pacjentów z niewydolnością serca	23
3.7. Znaczenie oceny siły mięśniowej.....	25
3.8. Badania termowizyjne w diagnostyce i ocenie klinicznej pacjentów z obciążonym wywiadem sercowo naczyniowym.	26
4. Cel pracy	28
5. Materiał	30
6. Metodyka	32
6.1. Badanie podmiotowe i przedmiotowe	32
6.2. Badania laboratoryjne	33
6.3. Badanie echokardiograficzne	33
6.4. Badanie spiroergometryczne.....	33
6.5. Badanie termowizyjne.....	34
6.6. Badanie siły mięśniowej	36
6.7. Fullerton Functional Fitness Test	36
6.8. Analiza statystyczna	37
7. Wyniki.....	38
7.1. Charakterystyka badanych grup	38
7.2. Analiza wyników Fullerton Functional Fitness Test.....	40
7.2.1 Analiza parametrów życiowych.....	44
7.2.2. Analiza korelacji.....	46
7.3. Analiza zmian termicznych skóry.....	47

7.3.1 Analiza korelacji w badaniu termowizyjnym	48
8. Dyskusja	48
8.1. Ocena elementów sprawności funkcjonalnej	48
8.1.1. Próba Chair Stand i Arm Curl – ocena wytrzymałości mięśniowej	49
8.1.2. 6-Minute Walk Test – ocena wydolności fizycznej	50
8.1.3. Próba „8-foot Up and Go” – ocena zwinności i równowagi dynamicznej	51
8.1.4. Chair Sit and Reach i Back Scratch – ocena gibkości	52
8.1.5. Badanie ręcznym dynamometrem	53
8.2. Analiza zmian termicznych skóry	55
9. Wnioski	61
10. Bibliografia	63

1. Wykaz skrótów

AACVPR	ang. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation
ACE-I	inhibitor konwertazy angiotensyny (ang. angiotensin-converting enzyme inhibitor)
AHA	ang. American Heart Association
BMI	wskaźnik masy ciała (ang. body mass index)
BNP	peptyd natriuretyczny typu B (ang. B-type natriuretic peptide)
CAD	choroba wieńcowa (ang. coronary artery disease)
COPD	przewlekła obturacyjna choroba płuc (ang. chronic obstructive pulmonary disease)
CPET	test spiroergometryczny (ang. cardiopulmonary exercise test)
DBP	rozkurczowe ciśnienie krwi (ang. diastolic blood pressure)
EACPR	(ang. European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation)
EAPC	(ang. European Association of Preventive Cardiology)
EKG	elektrokardiogram (ang. electrocardiogram)
ESC	Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne (ang. European Society of Cardiology)
EQ-5D	(ang. Euro Quality of Life Questionnaire)
FMS	(ang. Functional Movement Screen)
FFFT	(ang. Fullerton Functional Fitness Test)
FITT	(ang. frequency, intensity, time, type of exercise)
eGFR	szacowany współczynnik przesączania kłębuszkowego (ang. estimated glomerular filtration rate)
HF	niewydolność serca (ang. heart failure)
HFrEF	niewydolność serca z obniżoną frakcją wyrzutową (ang. heart failure with reduced ejection fraction)
HGB	hemoglobina (ang. hemoglobin)
HR	częstotliwość rytmu serca (ang. heart rate)
HRmax	tętno maksymalne (ang. maximal heart rate)
HRpek	tętno szczytowe (ang. peak heart rate)

HRR	rezerwa tętna (ang. heart rate reserve)
HRQoL	jakości życia związana ze zdrowiem (ang. The health-related quality of life)
IR	promieniowanie podczerwone (ang. infrared thermography)
IVS	przegroda międzykomorowa (ang. intraventricular septum)
K	grupa kontrolna
KCCQ	(ang. Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire)
LAD	wymiar lewego przedsionka (ang. left atrium diameter)
LVED	wymiar końcoworozkurczowy lewej komory (ang. left ventricular enddiastolic diameter)
LVEF	frakcja wyrzutowa lewej komory (ang. left ventricular ejection fraction)
LVPW	ściana tylna lewej komory (ang. left ventricular posterior wall)
MLwHFQ	(ang. Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire)
MTSF	Międzynarodowy Test Sprawności Fizycznej
6MWT	sześciominutowy test chodu (ang. 6 Minute Walk Test)
NT-proBNP	N-końcowy propeptyd natriuretyczny typu B (ang. N-terminal prohormone of brain natriuretic peptide)
NYHA	klasyfikacja niewydolności serca wg Nowojorskiego Towarzystwa Kardiologicznego (ang. New York Heart Association)
peak VO ₂	szczytowe zużycie tlenu (ang. peak oxygen uptake)
Pl _{max}	siła mięśni wdechowych (ang. inspiratory muscle strength)
RER	współczynnik wymiany oddechowej (ang. respiratory exchange ratio)
1RM	jednorazowe maksymalne obciążenie (ang. one repetition maximum)
RPE	wskaźnik odczuwalnego wysiłku (ang. rate of perceived exertion)
RVD	wymiar prawej komory (ang. right ventricular diameter)
SBP	skurczowe ciśnienie krwi (ang. systolic blood pressure)
SF-36	(ang. Short-Form Health Survey)
VCO ₂	produkcja dwutlenku węgla (ang. carbon dioxide output)
VE	wentylacja minutowa (ang. minute ventilation)
VE/VCO ₂ slope	wskaźnik wzmożonej wentylacji wysiłkowej
VO ₂	pobór tlenu podczas wysiłku (ang. oxygen uptake)
VO ₂ max	maksymalny pobór tlenu (ang. maximum oxygen uptake)
VT	próg wentylacyjny (ang. ventilatory threshold)
WHO	Światowa Organizacja Zdrowia (ang. World Health Organization)

WHOQOL

(ang. World Health Organization Quality Of Life)

2. Streszczenie

Niewydolność serca HF (ang. heart failure) ze względu na dużą ilość zachorowań stanowi coraz większy problem kliniczny, ekonomiczny i epidemiologiczny. Mimo postępu w leczeniu, rokowanie jest wciąż niepomyślne. Celem wielowymiarowej opieki nad pacjentami z niewydolnością serca jest poprawa jakości życia, która z czasem trwania choroby ulega pogorszeniu. W fizjoterapeutycznej ocenie pacjentów z HF brakuje obiektywnej oceny sprawności funkcjonalnej, a ustalenie schematu rehabilitacji głównie opiera się na ocenie wydolności fizycznej. Dlatego poszukuje się prostego i powtarzalnego testu, zbliżonego pod względem warunków do codziennej aktywności pacjenta, które będzie możliwe do przeprowadzenia przez fizjoterapeutę w warunkach zarówno szpitalnych, jak i ambulatoryjnych. FFFT (ang. Fullerton Functional Fitness Test) jest prostym i bezpiecznym narzędziem diagnostycznym, które może sprawdzić się w ocenie podstawowych funkcjonalnych zadań ruchowych pacjentów z HFrEF.

Cele pracy – odpowiedź na następujące pytania:

- Jaka jest sprawność funkcjonalna pacjentów z HFrEF w porównaniu do osób bez niewydolności serca, oceniana za pomocą Fullerton Functional Fitness Test?
- Czy Fullerton Functional Fitness Test we wstępnej ocenie funkcjonalnej pacjentów z HFrEF jest metodą użyteczną i może znaleźć miejsce w ocenie klinicznej tych chorych?
- Jak przebiegają zmiany temperatury powierzchniowej kończyn górnych pacjentów z HFrEF w trakcie badania wysiłkowego?
- Czy badanie termowizyjne jest metodą użyteczną w kompleksowej ocenie pacjentów z HFrEF ?

Materiał i metody: W badaniach łącznie wzięło udział 54 mężczyzn. Grupę badaną (HFrEF) stanowiło 30 mężczyzn ze stabilną niewydolnością serca w klasie czynnościowej II lub III według NYHA i obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory (ang. left ventricular ejection fraction, LVEF <40%). Grupę kontrolną (K) stanowiło 24 mężczyzn bez niewydolności serca z prawidłową LVEF. U wszystkich pacjentów z HFrEF oraz osób z grupy kontrolnej przy przyjęciu przeprowadzano wywiad chorobowy. Przeprowadzono badania laboratoryjne krwi: stężenie hemoglobiny (HGB), oraz ocenę stężenia peptydu natriuretycznego typu B (BNP) i NT – końcowego pro peptydu natriuretycznego typu B (NT-proBNP). Wykonano badanie echokardiograficzne, spiroergometryczne, dokonano pomiaru temperatury kończyn górnych za pomocą kamery termowizyjnej przed badaniem

wysiłkowym, 2 min po wysiłku i 10 min po wysiłku. Ocenę siły mięśniowej kończyny górnej dominującej zbadano ręcznym dynamometrem. Sprawność funkcjonalną oceniono za pomocą Fullerton Functional Fitness Test.

Wyniki: Uzyskane wyniki badania echokardiograficznego były zgodnie z oczekiwaniami, średnia LVEF pacjentów z grupy badanej była statystycznie istotnie gorsza ($23,0 \pm 6,2$ wobec $61,6 \pm 3,6$, $p < 0,001$). Średni szczytowy pobór tlenu w badaniu spiroergometrycznym w grupie pacjentów z niewydolnością serca wynosił $18,3 \pm 5,6$ ml/kg/min, a w grupie kontrolnej $33,5 \pm 8,1$ ml/kg/min ($p < 0,001$). Stężenie peptydu natriuretycznego typu B w grupie badawczej było istotnie wyższe $384,9 \pm 403,0$ pg/ml, $p < 0,001$), podobnie NT-proBNP (1823 ± 18301 pg/ml, $p < 0,001$) w porównaniu do grupy kontrolnej.

W grupie pacjentów z niewydolnością serca odnotowano istotnie krótszy dystans „6-Minutes Walk Test” w porównaniu z grupą kontrolną ($563,8 \pm 69,9$ wobec $363,6 \pm 125,1$, $p < 0,001$). W próbie Arm Curl oraz Chair Stand również odnotowano istotnie mniejszą średnią liczbę powtórzeń w grupie badanej ($23,2 \pm 4,9$ wobec $14,7 \pm 4,4$, $p < 0,001$), ($18,0 \pm 4,5$ wobec $12,7 \pm 5,2$, $p < 0,001$). Podczas próby Back Scratch i Chair Sit & Reach odnotowano istotnie większą (gorszą) odległość między palcami obu rąk w grupie pacjentów z niewydolnością serca ($-6,2 \pm 13,6$ wobec $-20,1 \pm 16,4$, $p = 0,0022$), ($-6,8 \pm 8,4$ wobec $-15,7 \pm 12,1$, $p = 0,0036$). Podczas próby 8-foot Up&Go czas potrzebny do pokonania dystansu w grupie pacjentów z niewydolnością serca był istotnie dłuższy niż w grupie kontrolnej ($6,0 \pm 1,1$ wobec $8,7 \pm 2,2$, $p < 0,001$). Pomiar siły ścisku ręki kończyny dominującej był istotnie gorszy w grupie badawczej ($48,3 \pm 7,9$ wobec $37,9 \pm 10,7$, $p < 0,001$).

W pracy również wykazano istotnie statystycznie dodatnie korelacje pomiędzy wszystkimi próbami FFFT a LVEF z wyjątkiem próby 8-foot Up&Go, która była istotnie statystycznie ujemna. Szczytowy pobór tlenu również istotnie dodatnio korelował ze wszystkimi próbami FFFT, z wyjątkiem próby 8-foot Up&Go, której korelacja była istotnie statystycznie ujemna. Wartości siły ścisku ręki istotnie dodatnio korelowały z LVEF oraz z peak VO₂.

W badaniu termowizyjnym u wszystkich badanych odnotowano istotne statystycznie zmniejszenie temperatury w 2 min po wysiłku oraz w 10 min po wysiłku. Natomiast w poszczególnych pomiarach, nie zaobserwowano istotnych różnic w temperaturze kończyn górnych pomiędzy chorymi z HFrEF a grupą kontrolną.

Wnioski:

- Pacjenci z niewydolnością serca uzyskali istotnie gorsze wyniki dotyczące sprawności funkcjonalnej, w porównaniu do osób bez niewydolności serca, ocenianej za pomocą składowych Fullerton Functional Fitness Test.
- FFFT pozwala na różnicowanie pacjentów pod względem zaawansowania choroby.
- Nie zaobserwowano istotnych różnic w temperaturze powierzchniowej kończyn górnych pomiędzy grupami w trakcie spoczynku i po wysiłku.
- Wydaje się, że badanie temperatury powierzchniowej skóry kończyn górnych za pomocą kamery termowizyjnej podczas próby wysiłkowej na bieżni u chorych z niewydolnością serca ma ograniczone zastosowanie kliniczne.

3. Wstęp

Niewydolność serca (HF, ang. heart failure) jest to poważny i złożony proces chorobowy, w wyniku którego dochodzi do zmian w układzie sercowo-naczyniowym oraz w wielu innych układach i narządach [Piepoli i wsp., 2016]. Powoduje upośledzenie wydolności wysiłkowej i sprawności fizycznej, co prowadzi do ograniczeń w samodzielnym funkcjonowaniu chorych. Aktualne dane wskazują, że w populacji Europejskiej liczba chorych z niewydolnością serca wynosi ok. 10 mln [Raport „niewydolność serca 2020”].

Szacuje się, że liczba nowych przypadków zachorowań w Polsce, która obecnie wynosi ok. 125.000/rok [Raport „niewydolność serca 2020”], w dobie panującej pandemii wywołanej koronawirusem SARS-CoV-2 może ulec znacznemu zwiększeniu [Einstein i wsp., 2021]. Podkreśla się przy tym, że nawet młodzi ludzie, którzy łagodnie przeszli chorobę, mogą być narażeni na uszkodzenie serca, które ograniczy ich zdolność do wykonywania wysiłku.

Przewiduje się, że w najbliższych latach będziemy obserwować największą zachorowalność na niewydolność serca spośród wszystkich chorób układu sercowo-naczyniowego [Raport „niewydolność serca 2020”]. Przy czym ten wzrost zachorowalności będzie konsekwencją nie tylko pandemii, ale przede wszystkim starzenia się populacji [Maniecka-Bryła i wsp., 2015; Cowie i wsp., 2013]. W Polsce najbardziej kosztowną i najczęstszą przyczyną hospitalizacji osób po 65 roku życia jest niewydolność serca, na którą w 2019 roku wydano 1,7 mld złotych [Raport „niewydolność serca 2020”].

Badania pokazują, że w Polsce, w porównaniu do innych krajów europejskich, chorzy z niewydolnością serca są młodszy [Balsam i wsp., 2016], mniej samodzielni [Uchmanowicz i wsp., 2014] i wymagają częstszych hospitalizacji [Raport „niewydolność serca 2020”]. Analizy pokazują, że w Polsce tylko 23% chorych pozostaje czynnych zawodowo, a koszty związane z zasiłkami z tytułu niezdolności do pracy w 2018 roku wyniosły 0,21 miliardów PLN rocznie [Raport „niewydolność serca 2020”]. Zatem stanowi to istotny problem nie tylko społeczny, ale i ekonomiczny.

Biorąc to wszystko pod uwagę, w praktyce klinicznej i fizjoterapeutycznej istotną rolę odgrywa, a będzie pełnić jeszcze większą rolę, długoterminowa opieka nad pacjentami z HF. Przy czym obecnie na hospitalizacje w przebiegu HF wydatkuje się ok. 94% budżetu przeznaczanego na leczenie tych chorych, natomiast nakłady na leczenie ambulatoryjne

i rehabilitację, które istotnie wpływają na zapobieganie progresji i konieczność hospitalizacji, są zbyt małe [Balsam i wsp., 2016].

Dane są niepokojące, gdyż pokazują, że tylko 1 na 22 chorych z niewydolnością serca uczestniczy w rehabilitacji kardiologicznej [Gierczyński i wsp., 2013]. Jest to o tyle ważne, że celem multidyscyplinarnego postępowania w niewydolności serca jest nie tylko poprawa przeżycia, ale także lepsza jakość życia tych chorych [Ponikowski i wsp., 2014], która też ulega stałemu pogorszeniu wraz z czasem trwania choroby.

Dostępne kwestionariusze oceny jakości życia dają możliwość samooceny pacjenta dotyczącej wpływu choroby i leczenia na jego funkcjonowanie we wszystkich sferach: fizycznej, psychicznej i społecznej. Subiektywna ocena jakości życia i skrupulatna diagnostyka kliniczna nie odzwierciedlają jednak wpływu choroby na sprawność fizyczną pacjentów, która jest bardzo istotna w kontekście samodzielnego funkcjonowania.

Brak precyzyjnego narzędzia, które oceni wszystkie elementy sprawności fizycznej pacjentów z HF stwarza potrzebę zaprojektowania nowych lub wykorzystania już istniejących metod. Taka strategia diagnostyczna może zmniejszyć koszty związane z hospitalizacjami pacjenta, przede wszystkim zmniejszając ich liczbę, dostosować rehabilitację do potrzeb funkcjonalnych, oraz poprawić jakość życia chorego.

3.1. Niewydolność serca – definicja, diagnostyka, epidemiologia

Niewydolność serca to patofizjologiczny stan, w którym serce nie może pompować krwi w ilości odpowiedniej do pokrycia zapotrzebowania metabolicznego tkanek [Ponikowski i wsp., 2016]. Podstawę dolegliwości zgłaszane przez chorych z HF to: męczliwość, malejącą tolerancją wysiłku, duszność wysiłkowa, a niekiedy spoczynkowa, oraz objawy retencji płynów, w tym głównie obrzęki kończyn dolnych. Nietolerancja wysiłku wraz ze stopniem pogłębiania się choroby postępuje, pogarszając przy tym jakość życia pacjentów [Ponikowski i wsp., 2016]. Do głównych przyczyn niewydolności serca zalicza się: chorobę niedokrwienną serca, nadciśnienie tętnicze, zapalenie mięśnia sercowego, wady strukturalne, zaburzenia metaboliczne i inne [Cheng i wsp., 2011].

W diagnostyce HF oprócz szczegółowego badania podmiotowego (z uwzględnieniem historii występowania chorób sercowo-naczyniowych czy też czynników ryzyka rozwoju tych chorób) i badania przedmiotowego, wykonuje się echokardiografię. Jest to badanie nieinwazyjne, łatwo dostępne i powtarzalne, co jest ważne w kontekście monitorowania chorego. Pozwala na bezpośrednią ocenę budowy serca i określenie czynności skurczowej

i rozkurczowej komór serca [Lang i wsp., 2015]. Poza oceną strukturalną i czynnościową serca dodatkowo wykonuje się badania laboratoryjne, które pomagają w diagnostyce różnicowej i monitorowaniu zaawansowania choroby.

Ocena stężenia peptydów natriuretycznych może być stosowana zarówno w celu wstępnego rozpoznania, zwłaszcza pacjentów z nieostрым początkiem choroby [Ponikowski i wsp., 2016] jak i monitorowania przebiegu HF.

Kolejnym istotnym elementem oceny klinicznej chorego jest badanie spiroergometryczne – CPET (ang. cardiopulmonary exercise testing). Badanie CPET na bieżni ruchomej lub ergometrze rowerowym z jednoczesną oceną gazów wydechowych wykonuje się w celu oceny rokowania pacjenta, skuteczności leczenia i programowania rehabilitacji [Corra i wsp., 2004; Arena i wsp., 2011]. Jest to złoty standard w ocenie wydolności fizycznej pacjentów z HF.

Ustalanie schematu rehabilitacji chorych z HF ma pomóc w utrzymaniu i/lub poprawy sprawności funkcjonalnej oraz wydolności fizycznej. Dlatego rehabilitacja powinna być stałym elementem opieki nad pacjentami z HF.

Mimo znacznych postępów w zrozumieniu patofizjologicznych mechanizmów HF oraz szeroko rozwiniętej profilaktyki, wskaźniki zachorowalności i rokowania pacjentów są niepomyślne.

Liczba chorych z niewydolnością serca wzrasta wraz z wiekiem i jest szczególnie duża wśród osób powyżej 60 roku życia [Swedberg 2005]. Występowanie niewydolności serca w populacji europejskiej ocenia się na 6-10 milionów. W Polsce obecnie ten problem dotyczy 1,3 mln osób i ciągle się zwiększa [Raport „niewydolność serca 2020”].

Przewlekła niewydolność serca ma bardzo złe rokowanie. Wskaźniki 5-letniego przeżycia HF są gorsze niż wskaźniki w chorobie nowotworowej (wykluczając raka płuc) [Maniecka-Bryła i wsp., 2015]. Skalę problemu podkreśla fakt, że w zaawansowanej niewydolności serca (IV klasa wg NYHA) 50 % pacjentów umiera w trakcie jednego roku od hospitalizacji [Cowie i wsp., 2000].

Leczenie i diagnostyka chorych z niewydolnością serca pochłania 3,2% środków Narodowego Funduszu Zdrowia [Czech i wsp., 2013], z czego hospitalizacje stanowią większą część wydatków. W Stanach Zjednoczonych i Europie Zachodniej szacowane nakłady opieki nad pacjentami z HF wynoszą 1-3% ogólnych zobowiązań finansowych [Ponikowski i wsp., 2014]. Grupa ekspertów przypuszcza, że koszty leczenia niewydolności serca w ciągu 20 lat wzrosną dwukrotnie [Maniecka-Bryła i wsp., 2015] i w przyszłości będą wyzwaniem dla systemu opieki zdrowotnej.

3.2. Historia Polskiej Rehabilitacji Kardiologicznej

W Polsce pierwsze wzmianki na temat rehabilitacji kardiologicznej pojawiły się w latach 30. ubiegłego wieku. Profesor Mściwoj Semerau-Siemianowski jako pierwszy zalecał umiarkowany wysiłek fizyczny i spacery chorym po zawale serca [Rudnicki i wsp., 2004].

Następnie, na przełomie lat 40. i 50. XX wieku, profesor Józef Stankowski wyszedł z propozycją wprowadzenia rehabilitacji kardiologicznej na oddziały szpitalne, ambulatoryjne i sanatoryjne [Rudnicki i wsp., 2004; Stanowski 1966]. Jednak główną rolę w programowaniu rehabilitacji odegrał profesor Askans. Wspólnie z pracownikami w IV Klinice Chorób Wewnętrznych Akademii Medycznej w Warszawie, w Centralnej Przychodni Chorób Układu Krążenia i Instytucie Kardiologii Akademii Medycznej, wypracował podstawy naukowe dla rehabilitacji kardiologicznej [Rudnicki i wsp., 2004; Askanas i wsp., 1970].

Popularyzację wiedzy i wytyczne rehabilitacji kardiologicznej przejęła w 1995 roku Sekcja Rehabilitacji Kardiologicznej i Fizjologii Wysiłku Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Sekcja opisuje program rehabilitacji, który oparty jest na treningu wydolnościowym, oporowym i szeroko pojętej kinezyterapii [Piotrowicz i wsp., 2017].

3.3. Stanowisko zagranicznych ekspertów w programowaniu rehabilitacji i wtórnej profilaktyki.

Program rehabilitacji i wtórnej profilaktyki odgrywa główną rolę w kompleksowym usprawnianiu osób z chorobami sercowo-naczyniowymi. Według aktualnej definicji WHO z 1993 roku (ang. World Health Organization) rehabilitacja kardiologiczna jest wielopłaszczyznowym działaniem mającym na celu poprawę zdrowia, stanu psychicznego i sprawności funkcjonalnych [WHO 1993]. Według WHO program rehabilitacji kardiologicznej powinien uwzględniać trening wydolnościowy, oporowy i gibkościowy (Tab.1.) [WHO 1993]. Komponenty i składowe rehabilitacji kardiologicznej można znaleźć w najnowszych wytycznych z 2020 roku w EAPC (ang. European Association of Preventive Cardiology) (Tab.1.) [Ambrosetti i wsp., 2021]. Europejskie wytyczne wyróżniają wspólne komponenty rehabilitacji kardiologicznej dla wszystkich stanów klinicznych, zalecają trening wydolnościowy i oporowy/siłowy kierując się zasadą FITT (ang. frequency, intensity, time (duration), type of exercise) [Ambrosetti i wsp., 2021]. Na dalszych etapach postępowania, rehabilitacja dostosowana jest do konkretnej jednostki chorobowej, gdzie m.in. wyróżnia i opisuje rehabilitację kardiologiczną pacjentów z niewydolnością serca [Ambrosetti i wsp.,

2021]. W 2016 roku Szósta Wspólna Grupa Robocza EACPR (ang. European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation) opublikowała przetłumaczone na język polski wytyczne dotyczące prewencji chorób układu sercowo naczyniowego [Piepoli i wsp., 2016]. Wyżej wymienione wytyczne m.in podkreślają znaczenie aktywności fizycznej, zalecając podjęcie: treningu areobowego, siłowego/oporowego i treningu neuromotorycznego.

Również stanowisko Amerykańskich ekspertów, AACVPR (ang. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation), wspólnie z AHA (ang. American Heart Association) podkreśla znaczenie rehabilitacji kardiologicznej jako integralnej części leczenia pacjentów z chorobami sercowo-naczyniowymi [Ballady i wsp., 2007]. Amerykańskie i Europejskie stowarzyszenie wspólnie uznają, że wszystkie programy rehabilitacji kardiologicznej / wtórnej profilaktyki powinny zawierać określone podstawowe elementy:

- wyjściową ocenę pacjenta;
- poradnictwo żywieniowe;
- zarządzanie czynnikami ryzyka (poziom lipidów, ciśnienie krwi, waga, cukrzyca i palenie);
- interwencje psychospołeczne;
- doradztwo dotyczące aktywności fizycznej i ćwiczeń; [Piepoli i wsp., 2016; Ballady i wsp., 2007].

Powyższe elementy mają na celu zmniejszenie ryzyka sercowo-naczyniowego, promowanie zdrowych zachowań, zmniejszenie niepełnosprawności oraz promowanie aktywnego trybu życia dla pacjentów z chorobami sercowo-naczyniowymi [Ballady i wsp., 2007]. Zalecają podjęcie treningu wydolnościowego, oporowego i treningu ukierunkowanego na poprawę gibkości (Tab.1.), [Ballady i wsp., 2007, Williamsi wsp., 2007], a dla chorych z niewydolnością serca proponują zalecenia zawarte w wytycznych AACVPR [AACVPR 2013].

Tab.1.1. Zalecenia dotyczące treningu i rehabilitacji wiodących organizacji. .

Towarzystwa naukowe	Rodzaj treningu	Intensywność treningu	Czas trwania treningu
World Health Organization ¹⁶⁸	Trening aerobowy (np. jazda na rowerze stacjonarnym, wiosłowanie)	Wysoka intensywność (60-75% max wysiłku lub 70-80% HRpeak), Niska/umiarkowana intensywność HR < 20 uderzeń na minutę powyżej spoczynkowego HR (obserwacja tolerancji wysiłku),	20-30 min w sesji, ≥ 3 sesji w tyg.
	Trening oporowy (np. lekkie obciążenia w treningu obwodowym górnych części ciała na Atlasie)	HR < 20 uderzeń na minutę powyżej spoczynkowego HR (obserwacja tolerancji wysiłku).	30-60 min w tym 15 min ćwiczeń rozciągających na początku treningu, ≥ 2 sesje w tyg.
	Trening gibkościowy		
European Association of Preventive Cardiology ⁵	Trening aerobowy (np. spacerowanie, bieganie, jazda na rowerze)	Początek treningu od 40% VO2peak, stopniowy wzrost intensywności do 50-60% VO2peak, a nawet do 65-95% intensywności gdy wysiłek jest dobrze tolerowany.	2-3 dni w tyg., w zależności od odczuwalnych objawów i stanu klinicznego, najlepiej 3-5 dni w tyg., a nawet we wszystkie dni tyg., Stopniowo od 15-30 min do 45-60 min
	Trening interwałowy	Niska intensywność dla pacjentów z HFrEF wysokiego ryzyka: VT1 lub 50% obciążenia, RPE 11-12, przerwa regeneracyjna 20W o czasie 20-30 s., i 40-60 s. Duża intensywność wysiłku dla pacjentów stabilnych:	Wydłużenie czasu trwania od 15 do 30 min przy 2-3 sesjach tyg., i 10 fazach pracy na sesje.

		faza rozgrzewki 10 min o intensywności < VT1, po której interwał o wysokiej intensywności >VT2, przerywany interwałem regeneracyjnym 4x4min lub mniej	
	Trening oporowy/siłowy	Faza początkowa treningu:<30% wartości 1RM, RPE 11-12.	5-10 powtórzeń
		Faza oporu/wytrzymałości: 30-40% wartości 1MR, RPE 12.	12-25 powtórzeń
	Trening oddechowy	Faza treningu siłowego/rozbudowy mięśni: 40-60% wartości 1MR, RPE<15	8-15 powtórzeń
	Elektrostymulacja nerwowo-mięśniowa	Początkowo 30% P _{lmax} do max 60% P _{lmax} , zmiana intensywności co 7-10 dni	20-30 min dziennie, przez min. 8 tyg.
Szósta Wspólna Grupa Robocza EACPR (zalecenia dotyczące aktywności fizycznej)¹¹⁶	Trening aerobowy (np. jazda na rowerze, chodzenie, jogging, narciarstwo, nasilone prace w gospodarstwie domowym, prace ogrodowe)	Wysilek o umiarkowanej intensywności: 64-76% HR _{max} , wg Skali Borga 12-13 lub dużej intensywności: 77-93% HR _{max} , wg. Skali Borga 14-16	≥ 30 min/dobę przez 5 dni w tyg., umiarkowanej intensywności lub 15 min/dobę przez 5 dni w tyg. dużej intensywności lub połączenie obu powyższych w sesjach po ≥ 10 min ≥ 3-5 sesji w tyg., najlepiej codziennie.
	Trening siłowy/oporowy (np. ćwiczenia z taśmami oporowymi,	60-80% wartości 1RM	2-3 serii 8-12 powtórzeń, ≥ 2 dni w tyg.

	kalisteniki, dźwiganie ciężkich ładunków, wykonywanie ciężkich prac ogrodowych)	60-70% wartości 1RM	1 serii 10-15 powtórzeń dla osób starszych i niewytrenowanych
	Trening neuromotoryczny Zróżnicowane ćwiczenia (np. tai chi, joga, ćwiczenia rekreacyjne z użyciem wiosł lub piłki w celu pobudzenia lepszej koordynacji ręka-oko)		
American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, American Heart Association¹⁴	Trening areobowy (np. marsz, ćw. na stepie, wiosłowanie, jazda na rowerze, ćw. Na bieżni)	40-80% VO ₂ peak lub HRmax na podstawie maksymalnego testu wysiłkowego, 11-16 wg. Skali Borga	20-60 min na sesję, 3-5 sesji w tyg.
	Trening oporowy (np. ćw. wzmacniające, hantle, ćw. na Atlasie, ciężarki maszynowe, wolne ciężary)	Do umiarkowanego zmęczenia (wg. Skali Borga 11-13), 50 % 1RM do 60-70% 1RM.	1-3 ćwiczeń po 10-15 powtórzeń dla 8-10 różnych ćwiczeń, 2-3 sesje w tyg.
	Trening gibkościowy (rozciąganie statyczne z naciskiem na dolną część pleców i kończyn dolnych)	Do granicy odczucia dyskomfortu	3-5 powtórzeń na ćwiczenie, 30-90 sekund na każdą partię ciała (w miarę możliwości), 2-3 sesje w tyg.
VO ₂ max-maksymalne zużycie tlenu; HRpeak-tętno szczytowe; HRmax-tętno maksymalne; HRR-rezerwa tętna; 1RM-jednorazowe maksymalne obciążenie (ang. one repetition maximum), VT-próg wentylacyjny (ang. Ventilatory threshold), RPE-wskaźnik odczuwanego wysiłku (ang. rate of perceived exertion); P _l max-siła mięśni wdechowych (ang. inspiratory muscle strength)			

3.4. Rola badania spiroergometrycznego w funkcjonalnej ocenie pacjentów z niewydolnością serca

W standardowej ocenie klinicznej pacjentów z HF zaleca się wykonanie badania spiroergometrycznego (ang. cardiopulmonary exercise testing, CPET) na bieżni lub cykloergometrze [Ponikowski i wsp., 2016]. Takie badania służą do wstępnej oceny stanu czynnościowego pacjenta oraz do oceny zdarzeń sercowych pacjentów. Zmiany jakie zachodzą w zapisie EKG (ang. electrocardiogram) podczas wysiłku fizycznego pozwalają zauważyć ewentualne zmiany niedokrwienne i czynnościowe serca, które nie pojawiają się w pracy spoczynkowej.

Z pośród wszystkich parametrów uzyskiwanych podczas ergospirometrycznej próby wysiłkowej do prognozowania i oceny pacjentów z niewydolnością serca za najbardziej przydatne uważa się pobór tlenu na szczycie wysiłku (VO_2 peak) oraz współczynnik wzmożonej wentylacji wysiłkowej (VE/VCO_2 slope) [Peterson i wsp., 2004].

Pomiar poboru tlenu wykazuje się dobrą powtarzalnością i dostarcza obiektywnych informacji o stanie klinicznym pacjentów oraz czynnikach ograniczających wydolność fizyczną i tolerancję wysiłku. Gdy pacjenci nie są w stanie wykonać maksymalnego wysiłku, wskazane jest branie pod uwagę innych wskaźników próby CPET, które mogłyby służyć do oceny chorych, niezależnie od intensywności wysiłku. Takim parametrem jest współczynnik wymiany oddechowej (respiratory exchange ratio RER). $RER > 1,0$ świadczy o wykonaniu przez badanego wysiłku maksymalnego [Arena i wsp., 2011].

Również w rehabilitacji kardiologicznej, przed jej podjęciem pacjenci poddawani są próbie wysiłkowej. Ma ona pomóc w ocenie wpływu dotychczasowego leczenia, kwalifikacji do odpowiedniego modelu rehabilitacji i programowaniu aktywności fizycznej pacjentów z niewydolnością serca [Mezzani i wsp., 2009].

3.5. Leczenie nefarmakologiczne

Ustalanie schematu rehabilitacji chorych z HF ma pomóc w utrzymaniu i/lub poprawie sprawności funkcjonalnej oraz wydolności fizycznej. Dlatego rehabilitacja powinna być stałym elementem opieki nad pacjentami z HF.

Jedną z metod leczenia niewydolności serca jest trening fizyczny, od lat uznawany jest za uzupełnienie leczenia farmakologicznego i interwencyjnego. Zalecany jest przez

wiele organizacji i towarzystw kardiologicznych w Polsce jak i na świecie (Tab.1.1). Mimo opracowanych wytycznych w dalszym ciągu jest zbyt rzadko stosowany w praktyce klinicznej.

Korzyści płynące z regularnie prowadzonego treningu opisywane są przez wielu autorów [Rengo i wsp., 2018; Klempfner i wsp., 2018; Pina i wsp., 2003]. Wśród korzyści wyróżnia się: poprawę wydolności fizycznej, zwiększenie pobierania tlenu na szczycie wysiłku i w progu beztlenowym, poprawę czynności śródbłonna i czynności mięśni szkieletowych, poprawę odpowiedzi wentylacyjnej na wysiłek, zwiększenie HRR, zwiększenie pojemności dyfuzyjnej płuc oraz poprawa wskaźników czynnościowej pracy i rzutu serca w czasie maksymalnego wysiłku [Pina i wsp., 2003]. Wyżej wymienione efekty przekładają się na poprawę tolerancji wysiłku fizycznego, zmniejszenie objawów choroby i poprawę jakości życia [Slimani i wsp., 20018]. Jednak w metaanalizie z 2019 wykazano, że u pacjentów z niewydolnością serca udział w rehabilitacji opartej na ćwiczeniach spowodował wprawdzie poprawę jakości życia, ale pozostał bez wpływu na ich śmiertelność i hospitalizację w porównaniu z grupą kontrolną, w której nie wykonywano żadnych ćwiczeń [Taylor i wsp., 2019].

Według Polskich, Amerykańskich oraz Europejskich Towarzystw Naukowych, program rehabilitacji kardiologicznej powinien m.in. zawierać wstępną ocenę kwalifikującą chorego do treningu fizycznego [Piotrowicz i wsp., 2017; Ambrosetti i wsp., 2021; Piepoli i wsp., 2016; Balady i wsp., 2007; Ponikowski i wsp., 2016]. We wstępnej ocenie chorego, kwalifikowanego do treningu fizycznego i rehabilitacji wykonuje się głównie CPET i/lub 6MWT [Ambrosetti i wsp., 2021]. Elementy sprawności fizycznej takie jak: siła, gibkość, wytrzymałość mięśniowa oraz zwinność i równowaga nie są brane pod uwagę.

Ważnym elementem w procesie usprawniania pacjentów z niewydolnością serca jest ewaluacja wyników prowadzonego treningu bądź rehabilitacji. Procesy ewaluacji w praktyce głównie oceniane są za pomocą 6MWT, [Rostango i wsp., 2008; Mohammed i wsp., 2018] badania CPET [Hollriegel i wsp., 2016] bądź subiektywnych kwestionariuszy oceny jakości życia [Mohammed i wsp., 2018], które nie odzwierciedlają funkcjonalnego stanu pacjenta. W dostępnej literaturze tylko Kocur i wsp. oraz Bocalini i wsp. oceniają elementy sprawności fizycznej (siła, gibkość, wytrzymałość mięśniowa, zwinność i równowaga) przed i po treningu/rehabilitacji pacjentów kardiologicznych [Kocur i wsp., 2009; Bocalini i wsp., 2008].

W Polsce opublikowane w 2017 roku rekomendacje kompleksowej rehabilitacji kardiologicznej, będące Stanowiskiem Ekspertów Sekcji Rehabilitacji Kardiologicznej i Fizjologii Wysiłku Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego [Piotrowicz i wsp., 2017] opisują strukturę i zadania rehabilitacji kardiologicznej, w której również we wstępnej ocenie chorego ocenia się jedynie wydolność fizyczną.

Program opisuje 3 etapową rehabilitację, każdy etap dzieli się na okresy, a w dalszej kolejności na modele. W zależności od tolerancji wysiłku fizycznego i stopnia ryzyka zdarzeń sercowo-naczyniowych chorego wyróżnia się modele: A, B, C, D, oraz N – dla pacjentów z niewydolnością [Piotrowicz i wsp., 2017].

Trening fizyczny dla pacjentów z niewydolnością serca wg. wyżej wymienionych wytycznych powinien zawierać elementy: ćwiczeń wytrzymałościowych, oddechowych oraz oporowych z elementami rozciągania. Planowanie treningu dla pacjentów z niewydolnością serca powinien być indywidualnie ustalony na podstawie aktualnej wydolności fizycznej chorego [Piotrowicz i wsp., 2017].

3.6. Funkcjonalna ocena pacjentów z niewydolnością serca.

Niewydolność serca jest zespołem objawów będącym wynikiem postępującej choroby serca. Pacjenci mogą mieć wiele dolegliwości. Do najczęściej zgłaszanych objawów przedmiotowych przez pacjentów z niewydolnością serca należą: krótki i płytki oddech, duszność, ciągłe zmęczenie, ból, obrzęki obwodowe dotyczące najczęściej stóp i stawów skokowych [Sayler i wsp., 2019]. Pacjenci zgłaszają również uporczywy kaszel [Płotka i wsp., 2017; Wirta i wsp., 2018] oraz uczucie kołatania serca [Wirta i wsp., 2018].

Oprócz tego dochodzi do spadku siły mięśniowej i do postępującej nietolerancji wysiłku fizycznego [Ponikowski i wsp., 2016]. Przyczyny obniżonej tolerancji wysiłku fizycznego nie wynikają wyłącznie z zaburzenia mechanicznej czynności serca, ale mają etiologię wieloczynnikową. Dochodzi do upośledzenia mechanizmów centralnych (zmniejszenie rzutu serca), oraz obwodowych (zmiany w mięśniach szkieletowych, układzie oddechowym) i interakcji neurohormonalnych między nimi, które determinują stopień nasilenia objawów i mają wpływ na przebieg choroby i rokowanie [Klecha i wsp., 2007].

Wyżej wymienione objawy podmiotowe powodują problemy z poruszaniem się w obrębie domu jak i poza nim, utrudniają wykonywanie podstawowych czynności domowych jak i zawodowych [Zafirir 2017; Dunlay i wsp., 2015; Mapelli i wsp., 2020]

oraz utrzymywanie kontaktów społecznych [Płotka i wsp., 2017, Walthall i wsp., 2019]. Tak postępująca choroba zmusza pacjentów do siedzącego trybu życia i częstego odpoczywania [Walthall i wsp., 2019; Lavie i wsp., 2019]. W konsekwencji prowadzi do upośledzenia zdolności funkcjonalnych i sprawności fizycznej, ostatecznie powodując depresję i pogorszenie jakości życia [Bekelman i wsp., 2007; Sabbag i wsp., 2018; Sayler i wsp., 2019].

Ocena jakości życia związana ze zdrowiem HRQoL (ang. The health-related quality of life) jest ważnym elementem oceny pacjentów z niewydolnością serca, ponieważ odzwierciedla zmiany związane z chorobą na codzienne funkcjonowanie chorego [Wu i wsp., 2016; Heo i wsp., 2005]. Narzędzia do oceny HRQoL dostarczają informacji, których nie można uzyskać bezpośrednio podczas klinicznego badania pacjenta. W związku z tym poprawa HRQoL jest wyrazem holistycznego podejścia do pacjenta, pozwalając na wdrożenie odpowiedniego modelu leczenia i terapii [Wang i wsp., 2019; Taylor i wsp., 2019].

Istnieje wiele kwestionariuszy wykorzystywanych do oceny jakości życia, niektóre z nich stosowane są w badaniach klinicznych i przeznaczone są dla specyficznej jednostki chorobowej, a jeszcze inne mają wielowymiarowy charakter oceny jakości życia [Gierlaszyńska i wsp., 2016]. Do najbardziej znanych i używanych kwestionariuszy oceniających ogólny stan zdrowia chorego należą: SF-36 (ang. Short-Form Health Survey), EQ-5D (ang. Euro Quality of Life Questionnaire) czy WHOQOL (ang. World Health Organization Quality Of Life) [Gierlaszyńska i wsp., 2016].

W niewydolności serca jednym z najbardziej znanych i stosowanym kwestionariuszem oceny jakości życia jest MLwHFQ (ang. Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire), który został zwalidowany i przetłumaczony na kilkadziesiąt języków [Bilbao i wsp., 2016, Rector i wsp., 1987]. Stanowi wiarygodne narzędzie pomiarowe stanu zdrowia niezależnie od wartości frakcji wyrzutowej lewej komory serca, dodatkowo oferuje dobre wartości prognostyczne [Chen i wsp., 2019]. Kwestionariusz składa się z 21 pytań oceniając pacjenta w sferze fizycznej i psychicznej [Bilbao i wsp., 2016, Rector i wsp., 1987].

Kolejnym powszechnym i wiarygodnym miernikiem oceny jakości życia pacjentów z chorobami sercowo naczyniowymi, w tym z niewydolnością serca jest KCCQ (ang. Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire). Kwestionariusz KCCQ ilościowo określa fizyczne ograniczenia i częstotliwość objawów choroby [Green i wsp., 2000]. Ocenia poziom własnej wartości pacjentów i zburzenia w sferze społecznej [Green i wsp., 2000],

a jego wyniki są prognostyczne dla późniejszych śmiertelności i hospitalizacji chorego [Yee i wsp., 2019]. KCCQ został gruntownie zweryfikowany i wykazano, że jest powtarzalny i wrażliwy na zmiany parametrów klinicznych chorego [Green i wsp., 2000; Joseph i wsp., 2013, Hawwa i wsp., 2017]. Ponadto wykazuje istotne korelacje z innymi kwestionariuszami oceny jakości życia takimi jak SF 36 [Green i wsp., 2000] czy MLwHFQ [Napier i wsp., 2018].

Ocena zdolności funkcjonalnych odzwierciedla możliwości wykonywania codziennych czynności życiowych, które wymagają nie tylko określonej wydolności, ale też pewnego poziomu sprawności fizycznej. Najbardziej znane i rekomendowane testy oceniające sprawność fizyczną dla dorosłych to m.in: Eurofit [Oja i wsp., 1995], FMS (ang. Functional Movement Screen) [Cook i wsp., 2016, part I, part II] czy MTSF (Międzynarodowy Test Sprawności Fizycznej) [Rosandich 1999]. Pacjent z NS może nie być w stanie wykonać wyżej wymienionych prób oceniających sprawność fizyczną, ze względu na ich złożoności lub/i poziom trudności.

3.6.1. Fullerton Functional Fitness Test w funkcjonalnej ocenie pacjentów z niewydolnością serca

Najbardziej odpowiedni do oceny sprawności fizycznej dla pacjentów z niewydolnością serca wydaje się być Fullerton Functional Fitness Test.

Fullerton Functional Fitness Test został opracowany w 1997 roku przez Robertę Rikli i Jessie Jones w Lifespan Wellness Clinic na California State University w mieście Fullerton [Rikli i wsp., 1997]. Test opracowano w celu oceny sprawności fizycznej osób starszych tj. 60-94 roku życia, przebywających w domach opieki. Na podstawie przeprowadzonych badań za pomocą tego testu ustalono wartości normatywne dla populacji starszych zdrowych osób w Stanach Zjednoczonych [Rikli i wsp., 1999b]. Dane normatywne dla populacji Europejskiej jak dotąd nie zostały określone.

Na potrzeby Polskie zastosowano adaptację testu, która umożliwia jego zapis w Polskim systemie metrycznym, przy użyciu dostępnych narzędzi pomiarowych [Różańska-Kirschke i wsp., 2006]. W 1999 roku Fullerton Functional Fitness Test został zwalidowany i do dnia dzisiejszego powszechnie używany jest w praktyce fizjoterapeutycznej [Rikli R, Jones J 1999a].

Test ten jest bezpieczny i łatwy w zrozumieniu dla pacjenta [Różańska-Kirschke i wsp., 2006]. Powtarzalność każdej z prób oraz prostota ich wykonania umożliwia

przeprowadzenie testu przez fizjoterapeutę w warunkach szpitalnych i ambulatoryjnych [Róžańska-Kirschke i wsp., 2006].

Fullerton Functional Fitness Test ocenia kluczowe elementy sprawności fizycznej potrzebne do funkcjonalnej oceny pacjenta. Ocenia: wytrzymałość mięśni, wydolność aerobową, gibkość, zwinność i równowagę, nie narażając chorego na ryzyko powstania urazów [Rikli R i wsp., 1999a]. Fullerton Functional Fitness Test pokazuje, że do wykonywania czynności dnia codziennego (np. ubieranie się, robienie zakupów, sprząatanie domu) potrzebne są umiejętności wykonywania czynności funkcjonalnych takich jak chodzenie, wchodzenie po schodach, wstawanie, a te z kolei zależą od pewnych cech fizjologicznych tj. siły, wytrzymałości, elastyczności oraz zdolności zachowania równowagi [Jones i wsp., 2002].

Fullerton Functional Fitness Test składa się z 6 powtarzalnych prób:

- Próba 30-Second Chair Stand ocenia wytrzymałość mięśniową dolnej części ciała, która potrzebna jest do wstawania i chodzenia, wchodzenia po schodach, a także do utrzymania równowagi.
- Próba Arm Curl ocenia wytrzymałość mięśniową górnej części ciała, która niezbędna jest do wykonywania podstawowych czynności domowych związanych z podnoszeniem takich jak robienie prania i zakupów.
- Próba 8-Foot Up-and-Go ocenia zwinność i równowagę dynamiczną potrzebną do podejmowania szybkich decyzji takich jak wysiadanie z autobusu, gotowanie, czy odbieranie telefonu.
- Próba Chair Sit-and-Reach ocenia gibkość dolnej części ciała, która odpowiada za prawidłowy wzorzec chodu i wykonywanie zadań ruchowych takich jak wchodzenie i wychodzenie z wanny lub samochodu.
- Próba Back Scratch ocenia gibkość górnej części ciała, która umożliwia zapinanie pasów w samochodzie, ubierania się i utrzymanie higieny.
- Próba 6-Minute Walk ocenia wydolność tlenową, która niezbędna jest do podejmowania aktywności fizycznych takich jak spacerowanie, zwiedzanie czy jazda na rowerze [Jones i wsp., 2002].

Fullerton Functionanl Fitenss Test głównie wykorzystywany jest w geriatricii [Róžańska Kirsche i wsp., 2006]. Wykorzystywany może być w całości, lub mogą być wykorzystywane tylko jego poszczególne próby. Służy do oceny wyników rehabilitacji

w różnych jednostkach chorobowych m.in. w: COPD (ang. chronic obstructive pulmonary disease) [Alexander i wsp., 2008], otyłości [Budui i wsp., 2019], cukrzycy [Park i wsp., 2015], chorobie Parkinsona [Urgacz i wsp., 2018], chorobie Alzheimerera [Santana-Sosa i wsp., 2008] i wielu innych [Langhammer i wsp., 2019; Soriano-Maldonado i wsp., 2015; Kocur i wsp., 2009]. Poza oceną wyników rehabilitacji, również wykorzystywany jest do oceny ryzyka upadków u osób starszych [Zhao i wsp., 2017; Grześkowiak i wsp., 2008].

3.7. Znaczenie oceny siły mięśniowej

Niewydolność serca jest chorobą wielonarządową, a nie jedynie hemodynamiczną. W jej przebiegu dochodzi do wielu zmian metabolicznych i strukturalnych w obrębie mięśni szkieletowych [Von Haehling i wsp., 2017]. Już w 1988 roku zaobserwowano zanik włókien mięśniowych [Lipkin i wsp., 1988] i stwierdza się go nawet u 68% pacjentów z przewlekłą niewydolnością serca [Piepoli i wsp., 2010-part II]. Postępująca miopatia pogarsza pracę mięśni, co prowadzi do utraty masy i obniżenia siły mięśniowej [Lena i wsp., 2020]. Również wykazano, że zmniejszenie siły i masy mięśniowej u pacjentów z niewydolnością serca, niezależnie od innych parametrów klinicznych warunkuje gorszy szczytowy pobór tlenu według oceny spiroergometrycznej [Piepoli i wsp., 2010-part I; Suzuki i wsp., 2018] i niższą LVEF [Fülster i wsp., 2012].

W wyniku wyniszczenia sercowego, oprócz utraty masy mięśniowej dochodzi również do zaniku tkanki tłuszczowej oraz odwapnienia tkanki kostnej [Loncar i wsp., 2013; Fülster i wsp., 2013]. Zmiany o podłożu mięśniowo-szkieletowym mogą prowadzić do pogorszenia niektórych zdolności motorycznych np. powodując zwiększenie ryzyka upadków i w konsekwencji obniżenie jakości życia [Jankowska-Polańska i wsp., 2014].

Zachowanie siły mięśniowej wiąże się nierozdzielnie z zagadnieniem treningu oporowego. W rehabilitacji pacjentów kardiologicznych, także pacjentów z HF stosuje się trening wytrzymałościowy uzupełniony treningiem oporowym [Georgantas i wsp., 2014, Coats 2011]. Również w rekomendacjach AHA (ang. American Heart Association) (Tab.1.) [Ballady i wsp., 2007; Williama i wsp., 2007] znajdziemy zalecenia treningu oporowego. Do końca lat 90.ub.w., trening oporowy u pacjentów z HF był zabroniony, ze względu na obawy zbyt dużego obciążenia lewej komory serca i możliwości jej przebudowy w wyniku zbyt dużego obciążenia wysiłkiem [Mitchell i wsp., 1974]. Dopiero

przeprowadzone badania hemodynamiczne rozwiały obawy przed stosowaniem treningu oporowego w niewydolności serca [Karlsdottier i wsp., 2002].

Mimo wielu korzyści wynikających z prowadzenia treningu oporowego na poprawę jakości życia i parametrów klinicznych pacjentów z HF [Maiorana i wsp., 2011, Selig i wsp., 2004, Jankowska i wsp., 2008], siła mięśniowa nie jest badana we wstępnej ocenie pacjenta.

Pomiar siły mięśniowej wydaje się być ważny nie tylko dlatego, że pozwala pośrednio ocenić sprawność funkcjonalną pacjentów z niewydolnością serca, ale dlatego, że jest cennym wskaźnikiem prognostycznym [Izawa i wsp., 2009; Izawa i wsp., 2007]. Również Hülsmann i Fülster [Hülsmann i wsp., 2004; Fülster i wsp., 2012] przedstawiają wyniki badań z których wynika, że zmniejszenie siły mięśnia czworogłowego uda u pacjentów z przewlekłą niewydolnością serca ma wartość prognostyczną.

3.8. Badania termowizyjne w diagnostyce i ocenie klinicznej pacjentów z obciążonym wywiadem sercowo naczyniowym.

Zmiany temperatury ciała, które towarzyszyły różnym patologiom obserwował już Hipokrates (460-370 r. p.n.e.), nie było wówczas jednak żadnych możliwości ich dokładnego zmierzenia. Rozwój metod pomiaru temperatury nastąpił dopiero w XVI wieku dzięki pracom Galileusza, który skonstruował termoskop. Na przełomie XVII/XVIII wieku Fahrenheit i Roemer przedstawili pierwsze skale temperatur, a w XVIII wieku Celsius wprowadził skalę pomiarową, która po udoskonaleniu przez Linneusza wykorzystywana jest w większości krajów na świecie do dziś. Carl Wunderlich jako jeden z pierwszych zastosował w XIX wieku pomiar temperatury w medycynie klinicznej i określił fizjologiczną temperaturę ciała na poziomie ok. 37° C [Ring 1995; Ring 2007].

Dopiero w XX wieku wykorzystanie technik podczerwieni, przyniosło prawdziwy przełom umożliwiając dokładną analizę rozkładu temperatury ciała. Metody termograficzne oparte są o rejestrację promieniowania podczerwonego (IR) emitowanego z różnych okolic ciała. Wizualizacja rozkładu temperatury na powierzchni ciała, odzwierciedla zachodzące wewnątrz organizmu zmiany fizjologiczne bądź patologiczne [Hildebrandt i wsp., 2010]. Jednak ilość emitowanego ciepła zależna jest od wielu czynników wewnętrznych (takich jak m.in. ukrwienie skóry, tkanka tłuszczowa podskórna, nasilenie metabolizmu komórkowego) i zewnętrznych (temperatura otoczenia, wilgotność).

Człowiek należy do organizmów stałocieplnych. Niezależnie od czynników zewnętrznych, temperatura wewnętrzna ciała wynosi $36,8 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ [Fröhlich i wsp., 2014]. Natomiast temperatura kończyn i skóry zmienia się zależnie od wielu czynników [Vardasca i wsp., 2012]. Stałocieplność oraz emisyjność tkanek w zakresie podczerwieni, sprawia, że ciało człowieka stanowi dobry obiekt do badań termowizyjnych.

Obecnie badanie kamerą termowizyjną znajduje zastosowanie w kardiologii [Huang i wsp., 2011], reumatologii [Cherkas i wsp., 2003], pediatrii [Abbas i wsp., 2012], onkologii [Arrora i wsp., 2008] i sporcie [Korman i wsp., 2016]. Lahiri i wsp. w pracy przeglądowej podsumowują, że termowizja jest wykorzystywana w diagnostyce raka piersi, neuropatii cukrzycowej i zaburzeń naczyń obwodowych. Znaleźć można też w piśmiennictwie próby jej wykorzystania w ginekologii, dermatologii, stomatologii, okulistyce, transplantologii [Lahiri i wsp., 2012].

Stanowi nieinwazyjną i bezpieczną metodę pomiaru, która daje możliwość wielokrotnego jej wykorzystania do oceny klinicznej pacjenta. Biorąc pod uwagę stan aktualnych badań, termografia pełni raczej rolę badania uzupełniającego. Zwracają na to uwagę m.in. Wright i wsp. [Wright i wsp., 2006], w kontekście możliwości obrazowania układu krążenia z wykorzystaniem diagnostyki termograficznej.

Wyniki badań termograficznych zależą od wielu czynników: technicznych, środowiskowych i osobniczych. Wśród czynników technicznych zwraca się uwagę na właściwy protokół badań i sprzęt badawczy, prawidłowe stanowisko badawcze oraz analizę termogramów [Ammer 2008; Fernández-Cuevas i wsp., 2015]. Do czynników środowiskowych zalicza się wielkość pokoju badań oraz temperaturę i wilgotność powietrza.

Na uzyskane wyniki wpływają również czynniki osobnicze, które dzieli się na wewnętrzne (m.in. wiek, płeć, masa ciała - szczególnie zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej, owłosienie, geny, emocje, choroby, przepływ skórny krwi, nasilenie metabolizmu, rytmy biologiczne) i zewnętrzne związane z nawykami czy zachowaniem (m.in. leki, używki, alkohol, palenie tytoniu, maści, kosmetyki, kąpiel, opalanie), związane z terapiami (np. fizjoterapia) i związane z aktywnością fizyczną (ostatnia aktywność, wydolność, sprawność, pocenie) [Fernández-Cuevas i wsp., 2015]. Jednocześnie zaznacza się, że uwzględnienie wszystkich tych czynników jest w praktyce niemożliwe [Fernández-Cuevas i wsp., 2015].

Literatura na temat wykorzystania samej kamery termowizyjnej do badań bezinwazyjnych u pacjentów z obciążonym wywiadem sercowo-naczyniowym jest uboga.

Próbie wykorzystania kamery termowizyjnej do oceny zmian temperatury powierzchniowej skóry ramienia po usunięciu tętnicy promieniowej podjął Jaworski i wsp. [Jaworski Ł i wsp., 2007].

Natomiast w diagnostyce kardiologicznej głównie wykorzystuje się technikę termografii wewnątrznaczyniowej do pomiarów temperatury wewnętrznej ścian naczyń w celu zlokalizowania blaszek miażdżycowych wysokiego ryzyka oraz oceny potencjalnego ryzyka zawału serca [Toutouzas i wsp., 2006; Toutouzas i wsp., 2014]. Manginas i wsp. wykorzystali termowizję naczyniową do oceny temperatury prawej komory serca u pacjentów ze stabilną chorobą wieńcową (ang. coronary artery disease, CAD) oraz u pacjentów poddanych transplantacji serca [Manginas i wsp., 2010]. Wyniki ich badań jednoznacznie wskazują, że pacjenci z CAD mieli wyższą temperaturę prawej komory serca w stosunku do pacjentów poddanych transplantacji [Manginas i wsp., 2010].

Pomimo zalet wynikających z użycia kamery termowizyjnej w kardiologii inwazyjnej, w dostępnej literaturze nie znaleziono prac dotyczących możliwości wykorzystania termowizji do oceny ukrwienia obwodowego pacjentów z niewydolnością serca po wysiłku. Jest to tym bardziej interesujące, iż badania prowadzone w ostatnich latach sugerują, iż u pacjentów tych dochodzi do zmienionej odpowiedzi termoregulacyjnej, co może mieć związek z dobrze udokumentowanymi zmianami w funkcjonowaniu autonomicznego układu nerwowego i sercowo-naczyniowego u tych chorych [Balmain i wsp., 2016].

Bezpieczeństwo stosowania badań termowizyjnych oraz możliwość wielokrotnego powtarzania pomiarów mogłoby stanowić w praktyce rehabilitacyjno-kardiologicznej uzupełnienie stosowanych rutynowych metod diagnostyki obrazowej.

4. Cel pracy

Badania podjęto w celu pogłębienia wiedzy na temat sprawności funkcjonalnej osób z niewydolnością serca ocenianej przy pomocy Fullerton Functional Fitness Test i możliwości wykorzystania badania termowizyjnego w ocenie klinicznej tych chorych.

Ich celem było uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

- Jaka jest sprawność funkcjonalna pacjentów z HFrEF (ang. heart failure with reduced ejection fraction) w porównaniu do osób bez niewydolności serca, oceniana za pomocą Fullerton Functional Fitness Test?
- Czy Fullerton Functional Fitness Test we wstępnej ocenie funkcjonalnej pacjentów z HFrEF jest metodą użyteczną i może znaleźć miejsce w ocenie klinicznej tych chorych?
- Jak przebiegają zmiany temperatury powierzchniowej kończyn górnych pacjentów z HFrEF w trakcie badania wysiłkowego?
- Czy badanie termowizyjne jest metodą użyteczną w kompleksowej ocenie pacjentów z HFrEF ?

5. Materiał

Badaniami objęto łącznie 54 mężczyzn, którzy wyrazili świadomą zgodę na udział w projekcie. Wszyscy chorzy podzieleni zostali na 2 grupy:

- grupa badana (HFrEF): 30 mężczyzn ze stabilną niewydolnością serca (definiowaną jako brak zmian w stosowaniu diuretyków przez minimum 4 tygodnie przed włączeniem do badania) w klasie czynnościowej II lub III według NYHA i obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory (ang. left ventricular ejection fraction, LVEF <40%) (HFrEF – ang. heart failure with reduced ejection fraction);
- grupa kontrolna (K): 24 mężczyzn bez niewydolności serca obecnie i w wywiadzie oraz z prawidłową LVEF ocenianą w badaniu echokardiograficznym

Kryteriami włączenia do grupy badanej były:

1. pacjenci hospitalizowani w klinice kardiologii z rozpoznaniem przewlekłej niewydolności serca w stabilnym stanie klinicznym (brak zmian w stosowaniu diuretyków w ciągu minimum 4 tygodni przed włączeniem do badania);
2. klasa czynnościowa NYHA II lub III;
3. LVEF \leq 40%;
4. optymalne leczenie HF (zgodnie z wytycznymi ESC) [Balsam i wsp., 2016].

Kryteria wykluczenia:

1. ostry zespół wieńcowy (zawał serca lub niestabilna dławica piersiowa);
2. cechy dekomensacji HF;
3. klasa czynnościowa NYHA I lub IV;
4. niekontrolowane ciśnienie tętnicze, wartości spoczynkowe przekraczające 160/100 mmHg;
5. istotna, nieleczone arytmia;
6. zmiany troficzne skóry i obrzęki w obrębie kończyn górnych;
7. cechy dysfunkcji ruchowej uniemożliwiającej udział w badaniu.

Kryteriami włączenia do grupy kontrolnej były:

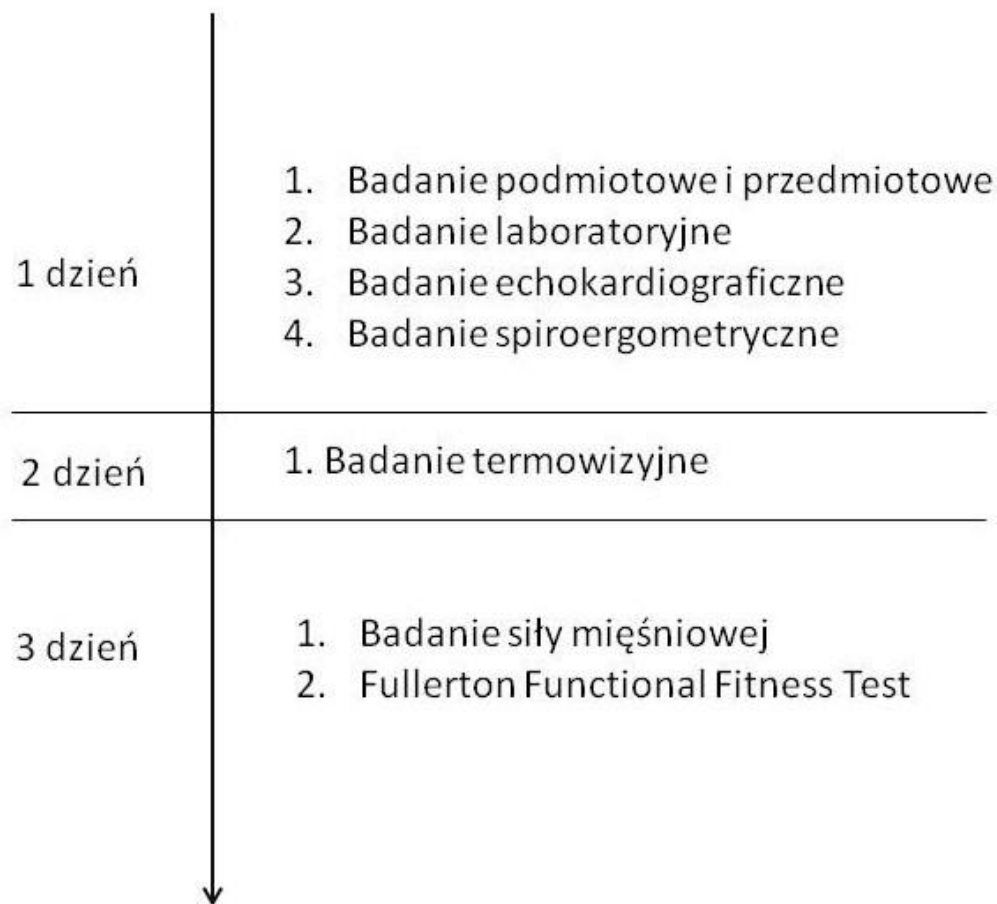
1. wywiad wolny od chorób sercowo-naczyniowych;
2. brak cech niewydolności serca obecnie oraz w wywiadzie;
3. zachowana LVEF oceniona w echokardiografii;
4. brak ograniczeń w układzie narządu ruchu.

Udział w badaniach był całkowicie dobrowolny. Wszyscy uczestnicy zostali poinformowani o możliwości zrezygnowania z badań na każdym etapie i po zapoznaniu z procedurą badawczą wyrazili na nie pisemną zgodę.

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, nr uchwały 630/15.

6. Metodyka

Kolejność wykonywanych badań przedstawiono na Ryc.1.



Ryc.1. Kolejność przeprowadzonych badań

6.1. Badanie podmiotowe i przedmiotowe

U wszystkich pacjentów z HFrEF oraz osób z grupy kontrolnej przy przyjęciu przeprowadzano wywiad chorobowy (badanie podmiotowe) ze szczególnym uwzględnieniem chorób układu sercowo-naczyniowego oraz chorób układu ruchu. U każdego uczestnika badań, lekarz biorący udział w badaniu wykonał przedmiotowe badanie ze szczególnym uwzględnieniem oceny objawów niewydolności serca.

6.2. Badania laboratoryjne

Wśród badań dodatkowych szczególnej analizie poddano badania laboratoryjne krwi: stężenie hemoglobiny (HGB), oraz ocenę stężenia peptydu natriuretycznego typu B (BNP) i NT – końcowego pro peptydu natriuretycznego typu B (NT-pro BNP). Oznaczenie stężenia tych peptydów w surowicy odgrywa istotną rolę w rozpoznawaniu HF i ocenie funkcji lewej komory serca, oraz pozwala ocenić stopień upośledzenia czynności prawej komory [Passino i wsp., 2006].

6.3. Badanie echokardiograficzne

Echokardiograficzne badanie przezklatkowe wykonano w Pracowni Echokardiografii, aparatem VIVID 6 oraz VIVID 7 firmy GE Medical System, używając elektronicznej głowicy sektorowej o zmiennej częstotliwości 1,5-2,5 MHz. Badanie przeprowadzono u pacjentów w ułożeniu lewobocznym w projekcji dwuwymiarowej 2D z zastosowaniem Dopplera ciągłego i pulsacyjnego. Głównym ocenianym parametrem była frakcja wyrzutowa lewej komory (LVEF), która różnicowała pacjentów na tych ze skurczową dysfunkcją lewej komory i bez niej. LVEF oceniana była przez lekarza kardiologa, oceniono ją zgodnie z aktualnie obowiązującymi wytycznymi [Lipiec i wsp., 2018].

6.4. Badanie spiroergometryczne

U wszystkich badanych przeprowadzono badanie spiroergometryczne. Wykonali oni maksymalny, ograniczony objawami, test wysiłkowy na bieżni ruchomej firmy General Electric Company (USA).

- Pacjenci z HFrEF wykonywali wysiłek wg protokołu RAMP, w którym przesuw bieżni i nachylenie zmieniał się tak, by przyrost obciążenia wynosił 0,5 MET/min.
- Osoby z grupy kontrolnej próbę wysiłkową wykonały zgodnie z protokołem Bruca'a.

Test był ograniczony wystąpieniem objawów: zmęczeniem, dusznością, bólem w klatce piersiowej. Wszyscy pacjenci z HFrEF oraz osoby z grupy kontrolnej byli mobilizowani do kontynuowania wysiłku do momentu uzyskania wartości współczynnika wymiany oddechowej (RER, ang. respiratory exchange ratio) $> 1,0$, co jest jedną z przesłanek do uznania wykonanego przez badanego wysiłku za maksymalny [Cumming i wsp., 1972].

W sposób ciągły rejestrowano zapis elektrokardiograficzny (z wydrukiem co 3 minuty), a pomiar ciśnienia tętniczego odbywał się za pomocą sfigmomanometru co 2 minuty.

Podczas badania, za pomocą przystawki metaboliczno-spirometrycznej Vmax29 Sensor Medics, mierzono w sposób ciągły pobór tlenu (VO_2), wydalanie dwutlenku węgla (VCO_2) oraz wentylację minutową (VE). Określono szczytowy pobór tlenu (peak VO_2), obliczając jego wartość średnią z ostatnich 20 sekund wysiłku, podając ją w ml/kg/min, oraz jego odsetek należny dla wieku, płci, masy ciała i wzrostu [Wasserman i wsp., 1986].

6.5. Badanie termowizyjne

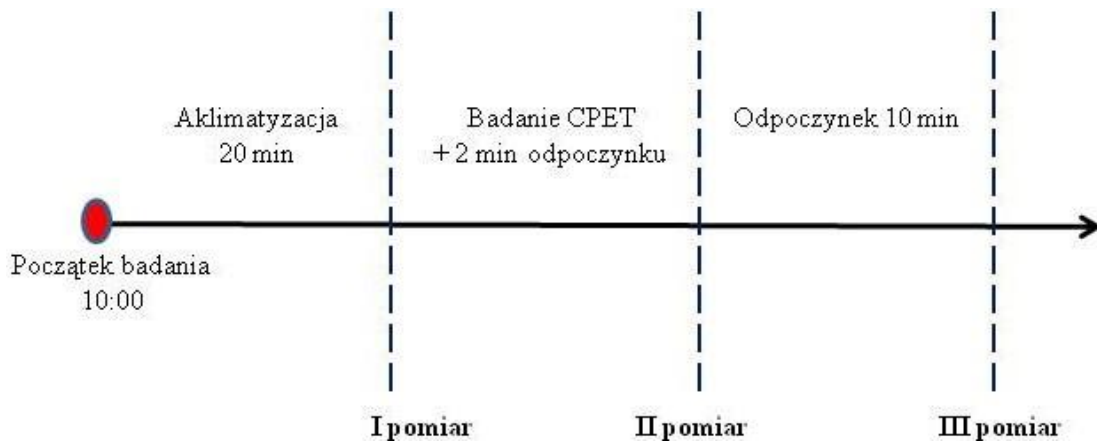
Badania wykonywano u pacjentów w tym samym budynku, w którym przebywali w ramach leczenia szpitalnego, zawsze o tej samej porze dnia, rano o godz. 10:00.

W dniu poprzedzającym badania wszyscy zostali poinformowani, aby w dniu badań, do momentu ich ukończenia, nie wykonywać następujących czynności:

- palić tytoniu, pić kawy, alkoholu, ani stosować innych używek;
- nakładać jakichkolwiek maści na kończyny górne, które powinny być umyte i odtłuszczone;
- podejmować wysiłku fizycznego;
- w ciągu 15 minut przed badaniem i pomiędzy kolejnymi pomiarami zaciskać pięści;
- rozcierać kończyny górne, trzymać rąk w kieszeni, itp.;
- w momencie przejścia do pomieszczenia diagnostycznego dotykać rękami żadnych przedmiotów (dłonie zwieszone swobodnie wzdłuż ciała z rozłączonymi palcami).

Przed przystąpieniem do badań pacjenci aklimatyzowali się przez 20 minut w tych samych warunkach, w których następnie wykonano zdjęcia. W pomieszczeniu do badań utrzymywano stałe warunki termiczne ($22^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$), oraz wilgotność około 40%.

Następnie wykonano I pomiar temperatury. Bezpośrednio po nim badany miał wykonywany test spiroergometryczny. Pomiar temperatury II, ze względu na konieczność przeprowadzenia pomiarów parametrów oddechowych bezpośrednio po wysiłku, wykonano 2 min po wysiłku. Po czym następował 10 minutowy odpoczynek w pozycji siedzącej z kończynami górnymi w pozycji neutralnej i po tym czasie wykonywano III pomiar temperatury. Procedurę badawczą przedstawiono na Ryc.2.



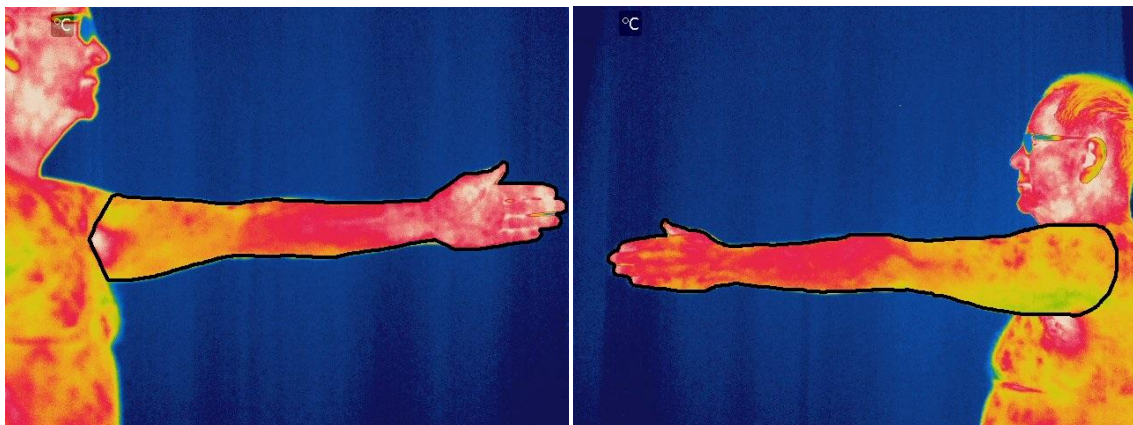
Ryc. 2. Schemat procedury badania kamerą termowizyjną

Pomiar temperatury skóry

Do badań wykorzystano kamerę termowizyjną FLIR Systems Inc. (model SC640, Sweden).

Wyznaczony do analizy temperatury obszar obejmował całą kończynę górną pomiędzy przednią/tylną bruzdą pachową a czubkiem palca środkowego i stanowił modyfikację standardów z 2008 roku [Ammer 2008] (zdz. 1.). Badany znajdował się w pozycji stojącej z kończyną zgiętą w stawie ramiennym do 90° i wyprostowaną w stawie łokciowym. U każdego badanego mierzono temperaturę 3 razy oddzielnie dla prawej i lewej kończyny. Obliczano średnią temperaturę przedniej i tylnej powierzchni obu kończyn górnych.

Łącznie każdy pacjent wykonanych miał 12 zdjęć. Zdjęcia termowizyjne zostały poddane obrysowaniu i analizie komputerowej, w wyniku czego uzyskano średnie wartości temperatur kończyn górnych. Uzyskane temperatury poddano analizie statystycznej.



Zdj.1. Poglądowe zdjęcie termowizyjne kończyny górnej wraz z wyznaczonym obszarem podlegającym analizie temperaturowej-ROI (Region of Interest)-zaznaczonym czarną linią.

6.6. Badanie siły mięśniowej

U każdego pacjenta zmierzono siłę ścisku ręki kończyny dominującej cyfrowym dynamometrem firmy CHARDER MG – 4800. Badanie wykonano w pozycji siedzącej, w wyprostowanym stawie łokciowym i zgiętym stawie barkowym do 90°. Dokonano 3 pomiarów z 5 sekundową przerwą pomiędzy próbami, do analizy wybrano najlepszy pomiar [Izawa i wsp., 2007].

6.7. Fullerton Functional Fitness Test

Ocenę sprawności fizycznej z użyciem FFFT przeprowadzono zgodnie z przyjętymi procedurami [Różanska-Kirschke i wsp., 2006]. Ze względu na bezpieczeństwo pacjentów test w obu grupach został wykonany przez fizjoterapeutę, w obecności lekarza kardiologa. Każde z 6 zadań testu zostało zademonstrowane ze słownym opisem. Przed rozpoczęciem badania, jak i po jego zakończeniu dokonano pomiaru parametrów tętna i ciśnienia tętniczego krwi.

Fullerton Functional Fitness Test złożony jest z 6 zadań ruchowych:

- 8-Foot Up-and-Go – pacjent okrąża pachołek w jak najkrótszym czasie na dystansie 2,44 m z pozycji startowej siedzącej oraz wraca do pozycji wyjściowej.
- 30-Second Chair Stand – pacjent powtarza pełne wyprosty z pozycji siedzącej, powtórzenia wykonywane są w czasie 30 sekund z ramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej.
- Arm Curl – pacjent zgina przedramię z ciężarkiem o masie 3,5 kg w czasie 30 sekund, wynikiem jest liczba powtórzeń.
- Back Scratch – pacjent próbuje złączyć ręce za plecami, prowadząc jedną ręką od góry drugą od dołu, wynik podany w centymetrach określa odległość między środkowymi palcami, wartość może być ujemna gdy pacjent sięga dalej niż opuszki palców.
- Chair Sit-and-Reach – pacjent z pozycji siedzącej na krześle próbuje sięgnąć palców u stóp z nogą wyprostowaną w stawie kolanowym. Wynik podany w centymetrach określa odległość między palcami ręki i stopy. Wartość może być ujemna, gdy pacjent sięga poza zakres ruchu.

- 6 Minute Walk Test – wynikiem testu była liczba metrów jaką pacjent przeszedł wzdłuż 30 metrowego korytarza w czasie 6 minut [Różanska-Kirschke i wsp., 2006].

6.8. Analiza statystyczna

Analiza statystyczna zebranych wyników została wykonana za pomocą programu Statistica 13.1.

W pierwszym etapie analizy statystycznej przedstawiono dane przy pomocy podstawowych testów statystycznych: średniej i odchylenia standardowego. W następnym etapie obliczeń przeprowadzono weryfikację hipotezy o normalności rozkładów analizowanych zmiennych przy użyciu testu W Shapiro-Wilka. Dla większości zmiennych odrzucono hipotezę o normalności rozkładów, a więc do analizy zmiennych niezależnych wykorzystano Test U Manna-Whitneya, a do analizy zmiennych zależnych wykorzystano test znaków.

Do oceny związku pomiędzy parami wybranych parametrów obliczono współczynniki korelacji Spearmana.

Normalność rozkładu wartości temperatur sprawdzono testem Kołmogorowa-Smirnowa. Przyjęto hipotezę o układzie nienormalnym. Do porównania dwóch grup pod względem temperatur wykorzystano Test U Manna-Whitneya. Dwustronna ANOVA z powtarzalnymi pomiarami została wykorzystana w celu zbadania czy wywołane wysiłkiem zmiany w temperaturze i czasie różniły się pomiędzy grupami. Gdy zaobserwowano istotną zmianę efektu głównego lub interakcji, do identyfikacji różnic wykorzystano test post-hoc.

7. Wyniki

7.1. Charakterystyka badanych grup

Charakterystykę analizowanych grup przedstawiono w Tabeli 2. W badanych grupach, z uwagi na konieczność wyeliminowania ewentualnego wpływu płci na badane parametry, ocenie poddano jedynie mężczyzn. Pacjenci z niewydolnością serca byli w stabilnym stanie klinicznym i przyjmowali stałe dawki leków.

Grupy nie różniły się pod względem wieku, zaobserwowano wyższe wartości wskaźnika BMI w grupie badanej ($28,5 \pm 4,0$ wobec $25,6 \pm 3,4$, $p=0,0035$).

Zgodnie z oczekiwaniami średnie LVEF pacjentów z grupy badanej były statystycznie istotnie gorsze ($23,0 \pm 6,2$ wobec $61,6 \pm 3,6$, $p<0,001$).

Analiza wybranych parametrów badania echokardiograficznego wykazała istotne różnice pomiędzy grupami w zakresie wymiaru końcoworozkurczowego lewej komory (ang. left ventricle enddiastolic diameter, LVED), wymiaru prawej komory (ang. right ventricle diameter, RVD), wymiaru lewego przedsionka (left atrium diameter, LAD), ($p<0,001$), z wyjątkiem grubości przegrody międzykomorowej (ang. intraventricular septum, IVS) i ściany tylnej (ang. left ventricular posterior Wall, LVPW).

Wszyscy pacjenci wykonali badanie wysiłkowe na bieżni z jednoczesnym pomiarem gazów wydechowych – badanie spiroergometryczne. Średni szczytowy pobór tlenu w grupie pacjentów z niewydolnością serca wynosił $18,3 \pm 5,6$ ml/kg/min, w grupie kontrolnej $33,5 \pm 8,1$ ml/kg/min ($p<0,001$). Parametry spiroergometryczne w grupie badawczej różniły się istotnie w zakresie: wydalania dwutlenku węgla VCO₂ l/min ($p<0,001$), maksymalnej wentylacji minutowej VE Max ($p<0,001$), szczytowego wydalania dwutlenku węgla PeakCO₂ ($p<0,001$), współczynnika oddechowego RER ($p=0,0010$) i wskaźnika wentylacji wysiłkowej VE/VCO₂ ($p<0,001$).

Dokonano analizy porównawczej wybranych parametrów laboratoryjnych krwi. W grupie badanej stężenie peptydu natriuretycznego typu B (brain natriuretic peptide type B, BNP) było istotnie wyższe $384,9 \pm 403,0$ pg/ml, $p<0,001$), podobnie NT-proBNP (1823 ± 1830 pg/ml, $p<0,001$) w porównaniu do grupy kontrolnej. Stężenie hemoglobiny (HGB) nie było istotnie różne w obu grupach.

Tab.2. Charakterystyka porównawcza obu grup.

	Grupa HFrEF (n=30) X(SD)	Grupa K (n=24) X(SD)	P
Wiek [lata]	56,2 (12,2)	55,4 (10,4)	0,60
BMI [kg/m ²]	28,5 (4,0)	25,6 (3,4)	0,004
NYHA	2,4 (0,5)	-	-
Parametry echokardiografii:			
LVEF [%]	23,0 (6,2)	61,6 (3,6)	<0,001
LVED [mm]	72,4 (8,2)	47,2 (5,9)	<0,001
RVD [mm]	35,4 (7,2)	29,2 (3,5)	<0,001
LAD [mm]	49,8 (10,4)	36,3 (4,3)	<0,001
IVS [mm]	9,6 (1,6)	10,0 (1,0)	0,22
LVPW [mm]	9,9 (1,1)	9,9 (0,9)	0,77
Parametry ergospirometrii:			
VO2%	55,8 (12,6)	100,6 (25,5)	<0,001
VO2 [mL/kg/min]	18,3 (5,6)	33,5 (8,1)	<0,001
VO2 [l/min]	1,6 (0,5)	2,8 (0,7)	<0,001
VCO2 [l/min]	1,6 (0,5)	3,1 (0,8)	<0,001
VE Max	60,7 (15,7)	91,1 (22,5)	<0,001
PeakCO2	33,7 (6,8)	40,8 (4,5)	<0,001
RER	1,3 (1,6)	1,1 (0,1)	0,0010
VE/VCO2	32,5 (7,3)	24,0 (3,5)	<0,001
Badania laboratoryjne:			
BNP [pg/ml]	384,9 (403)	39,3 (58,1)	<0,001
ProBNP [pg/ml]	1823,0 (18301,1)	139,9 (261,5)	<0,001
HGB [mmol/L]	9,0 (0,8)	9,0 (0,8)	0,84
<p>HFrEF-niewydolność serca z obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory; K-grupa kontrolna; BMI-wskaźniki masy ciała; LVEF-frakcja wyrzutowa lewej komory; BNP-peptyd natriuretyczny; HGB-hemoglobina; LVED-końcowa rozkurczowy wymiar lewej komory; RVD-wymiar prawej komory; LAD-wymiar lewego przedsionka; IVS-przegroda komorowa; LVPW-wymiar tylnej ściany lewej komory; VO2-zużycie tlenu podczas wysiłku; VCO2-produkcja dwutlenku węgla; VEmax-maksymalna wentylacja minutowa; peakCO2-szczytowe wydalanie dwutlenku węgla; RER-współczynnik oddechowy; VE/VCO2-wskaźnik wentylacji wysiłkowej</p>			

7.2. Analiza wyników Fullerton Functional Fitness Test

Kolejno przedstawione ryciny przedstawiają wyniki uzyskane podczas próby FFFT oraz wyniki pomiaru siły ścisku ręki. Wszyscy badani wykonali test oceny sprawności fizycznej, z wyjątkiem 2 pacjentów z HFrEF. W trakcie badań nie zaobserwowano patologicznych objawów nietolerancji wysiłku fizycznego.

Rycina 3. Przedstawia pokonany dystans podczas 6MWT, który był istotnie krótszy w porównaniu z grupą kontrolną ($563,8 \pm 69,9$ wobec $363,6 \pm 125,1$, $p < 0,001$).

Ponadto dwóch chorych zakończyło próbę „6-Minutes Walk Test” po 2,36 min oraz 4,26 min z powodu bardzo dużego zmęczenia i bólu w kończynach dolnych, które utrudniało dalsze kontynuowanie maszerowania.

Rycina 4. przedstawia wynik uzyskany podczas próby Arm Curl. W grupie pacjentów z niewydolnością serca odnotowano istotnie mniejszą ilość powtórzeń podczas próby w porównaniu do grupy kontrolnej ($23,2 \pm 4,9$ wobec $14,7 \pm 4,4$, $p < 0,001$).

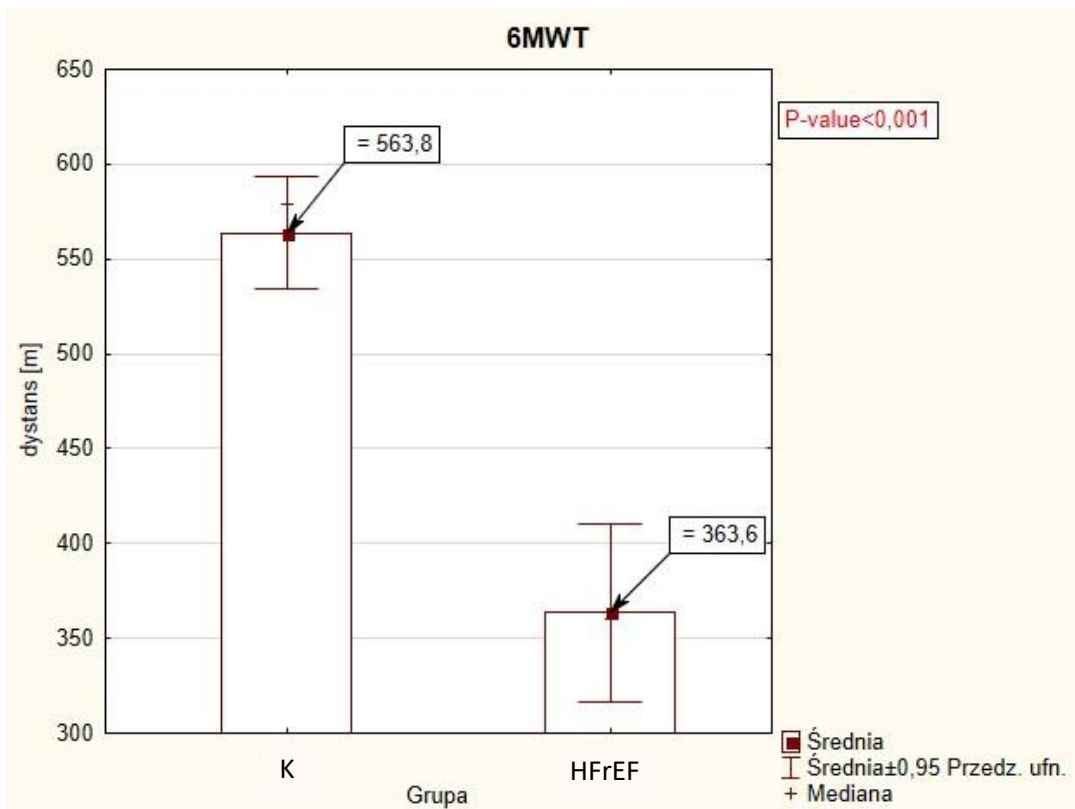
Rycina 5. przedstawia wynik uzyskany podczas próby Chair Stand, który był istotnie mniejszy w grupie pacjentów z niewydolnością serca ($18,0 \pm 4,5$ wobec $12,7 \pm 5,2$, $p < 0,001$).

Rycina 6. przedstawia wynik uzyskany podczas próby Back Scratch. Wyniki uzyskane podczas próby wykazały istotnie gorszą odległość między palcami w grupie pacjentów z niewydolnością serca ($-6,2 \pm 13,6$ wobec $-20,1 \pm 16,4$, $p = 0,0022$).

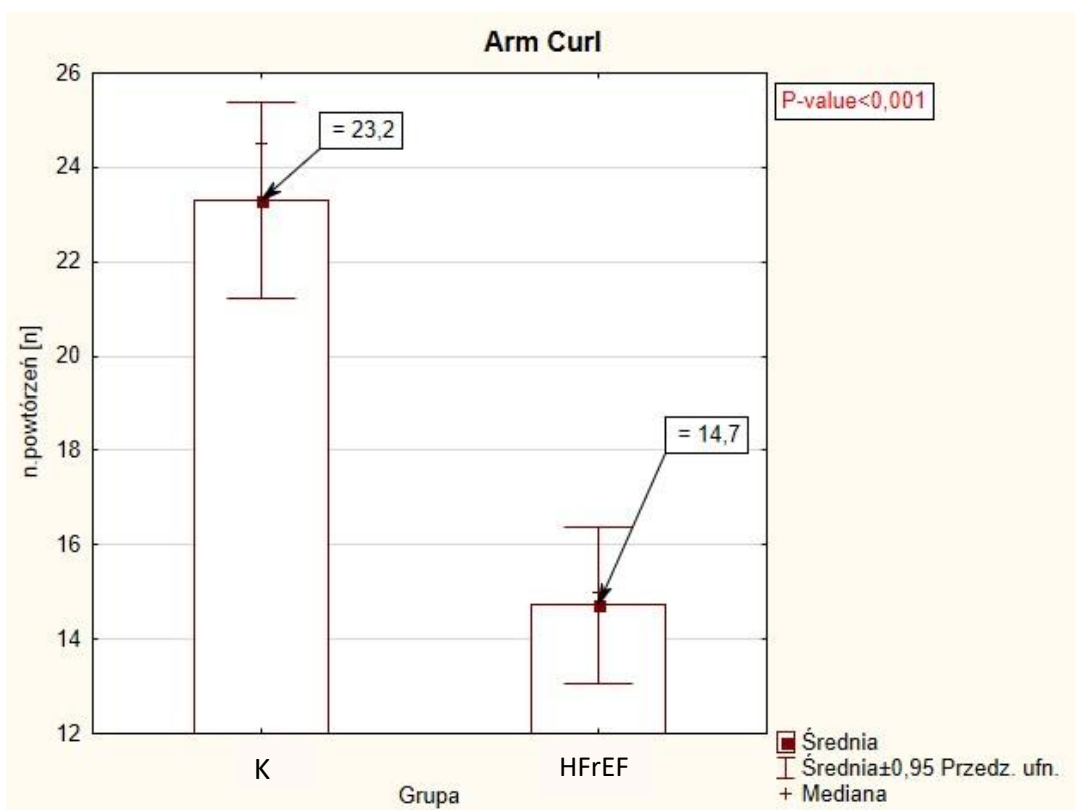
Rycina 7. przedstawia wynik uzyskany podczas próby Chair Sit & Reach. W grupie pacjentów z niewydolnością serca odnotowano istotnie gorszą odległość między palcami, w porównaniu do grupy kontrolnej ($-6,8 \pm 8,4$ wobec $-15,7 \pm 12,1$, $p = 0,0036$).

Rycina 8. przedstawia wyniki uzyskany podczas próby 8-foot Up&Go. Czas potrzebny do pokonania dystansu w grupie pacjentów z niewydolnością serca był istotnie dłuższy niż w grupie kontrolnej ($6,0 \pm 1,1$ wobec $8,7 \pm 2,2$, $p < 0,001$).

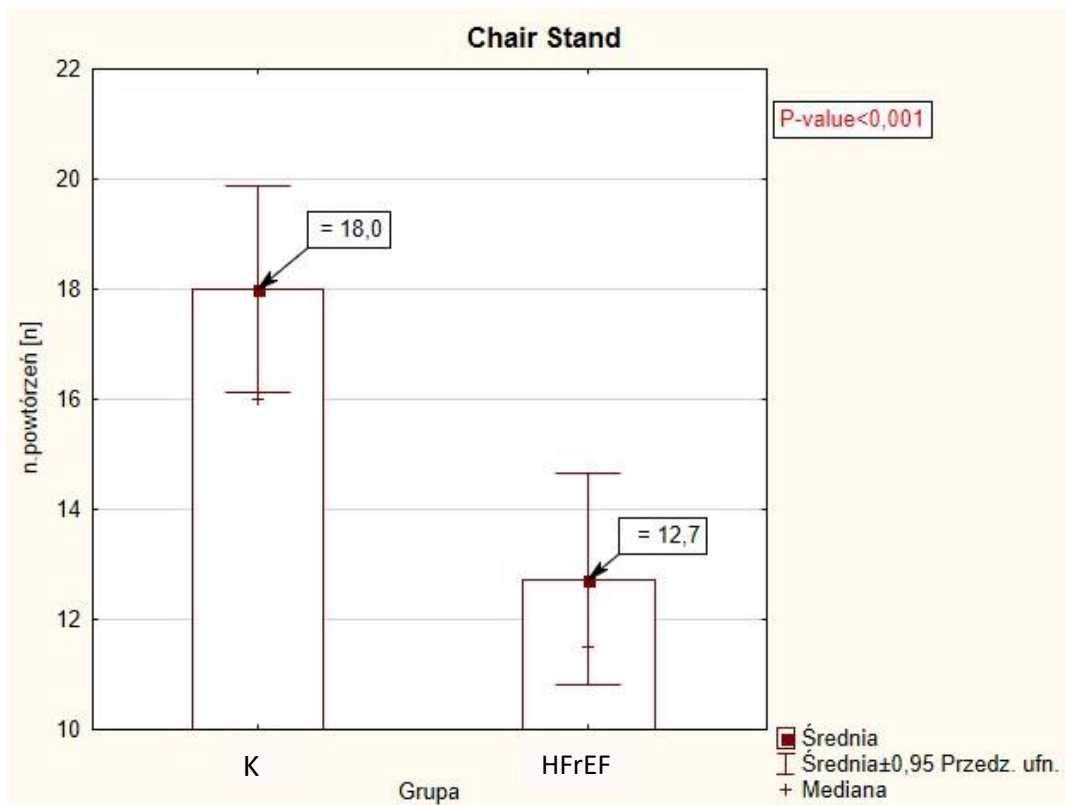
Dodatkowo w trakcie badań zmierzono siłę ścisku ręki kończyny dominującej. Wyniki przedstawia rycina 9. Uzyskane wartości były istotnie niższe w grupie badawczej ($48,3 \pm 7,9$ wobec $37,9 \pm 10,7$, $p < 0,001$).



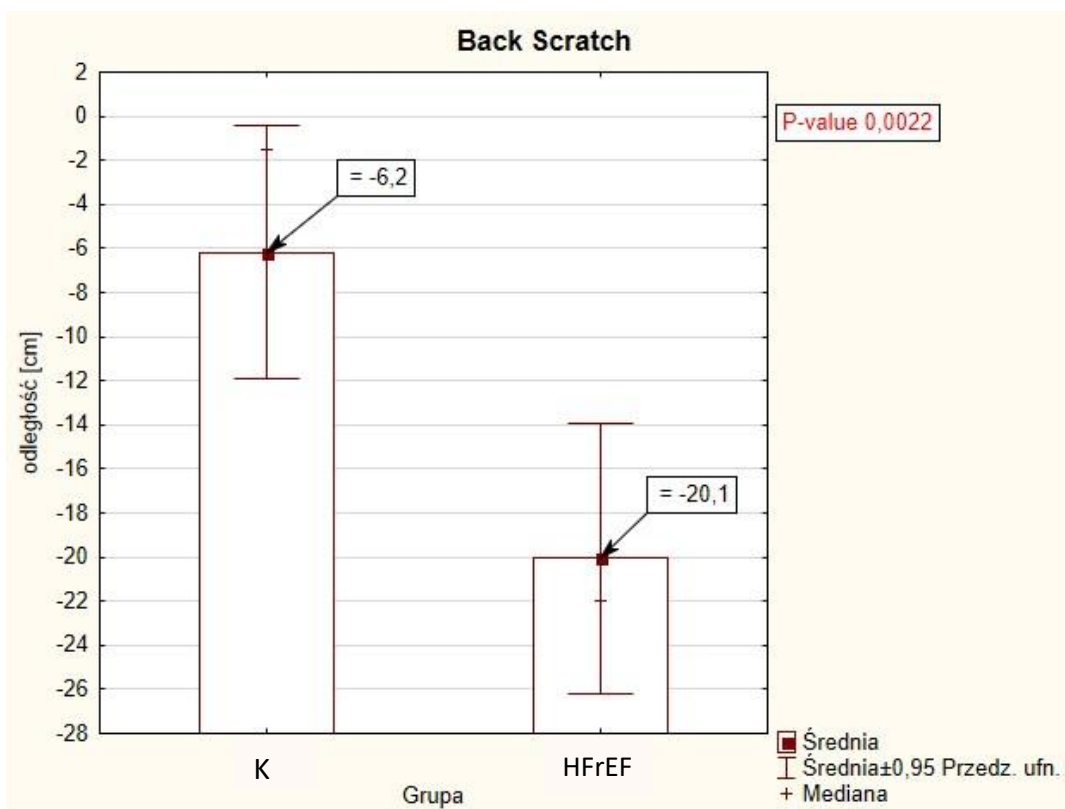
Rycina 3. Porównanie wyników 6MWT pomiędzy grupami.



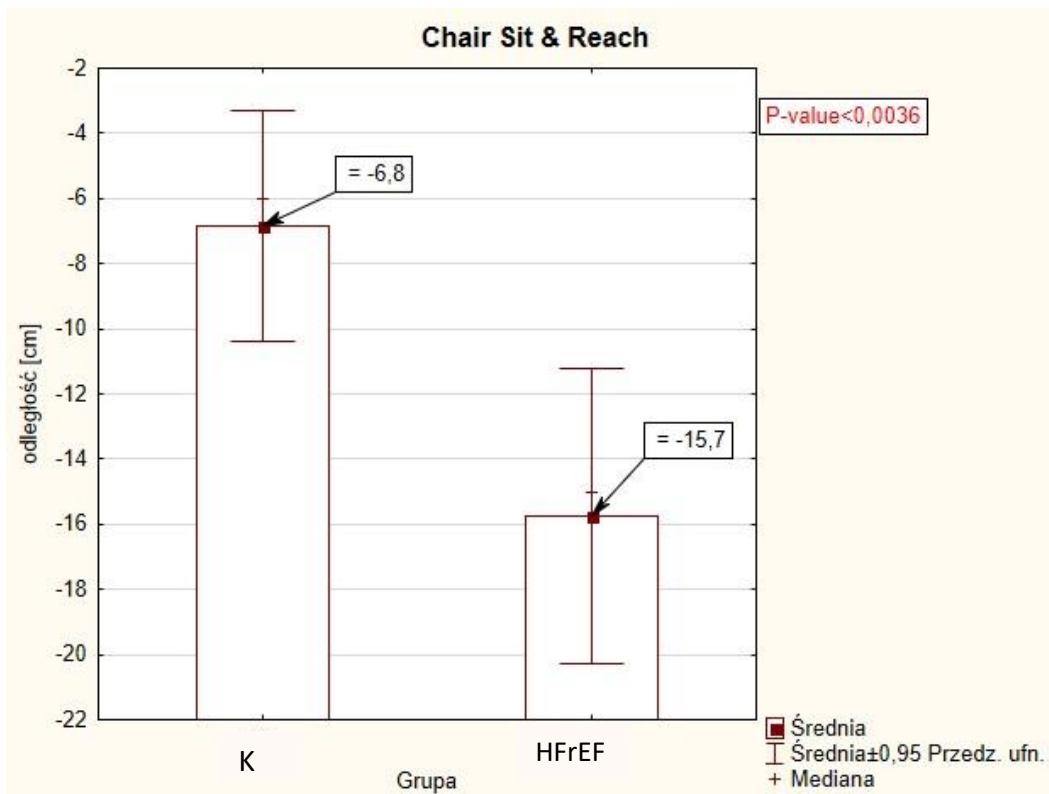
Rycina 4. Porównanie wyników próby Arm Curl pomiędzy grupami.



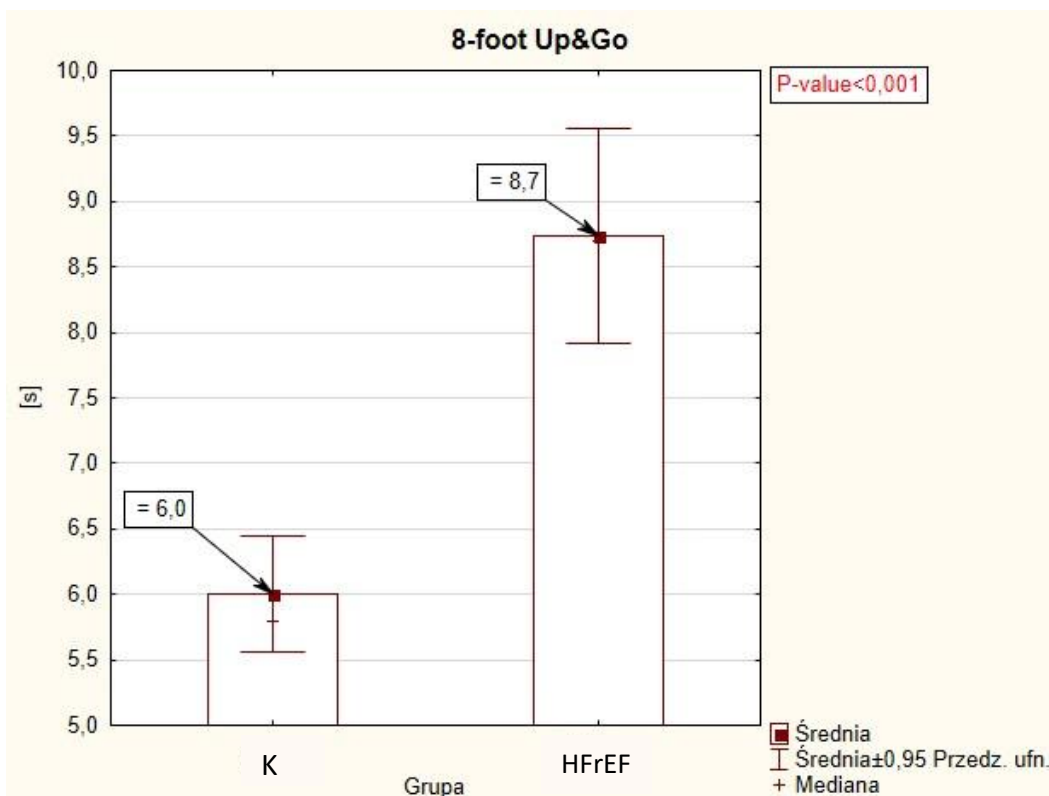
Rycina 5. Porównanie wyników Chair Stand pomiędzy grupami.



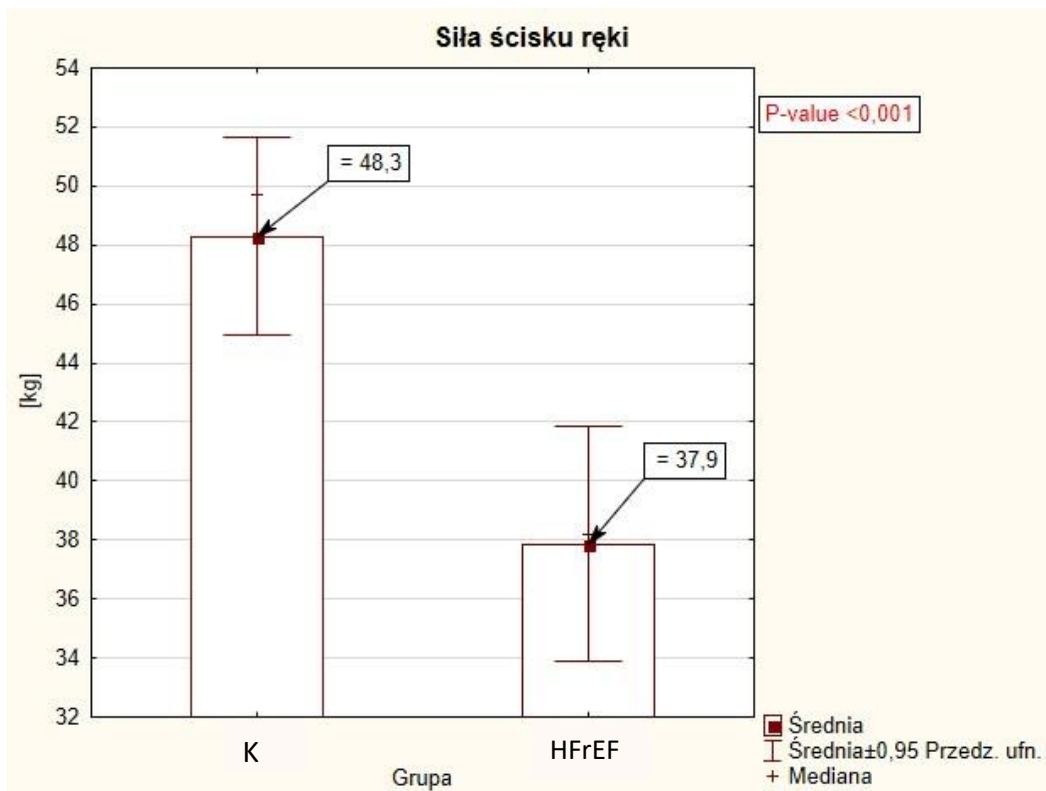
Rycina 6. Porównanie wyników próby Back Scratch pomiędzy grupami.



Rycina 7. Porównanie wyników próby Chair Sit & Reach pomiędzy grupami.



Rycina 8. Porównanie wyników 8-Foot Up&GO pomiędzy grupami.



Rycina 9. Porównanie wyników siły ścisku ręki pomiędzy grupami.

7.2.1 Analiza parametrów życiowych

W Tabeli 3. pokazano parametry hemodynamiczne krwi przed i po próbie FFFT i porównano między grupami. Wyniki wykazały, że pacjenci z grupy badanej przed podjęciem próby mieli istotnie niższe ciśnienie skurczowe krwi: $112,6 \pm 15,9$ mmHg, $p < 0,001$ i niższe ciśnienie rozkurczowe krwi $72,1 \pm 10,7$ mmHg, $p = 0,007$. Tętno spoczynkowe nie różniło się istotnie między grupami.

Skurczowe ciśnienie krwi mierzone po zakończeniu próby było istotnie niższe u pacjentów z grupy badanej: $121,4 \pm 19,8$ mmHg, $p < 0,001$. Średnia wartość ciśnienia rozkurczowego dla grupy badanej również była istotnie niższa: $75,9 \pm 11,5$ mmHg, $p = 0,025$. Wartość tętna zmierzona po próbie FFFT była istotnie wyższa w grupie badanej: $101,7 \pm 25,2$ uderzeń/minutę, $p = 0,028$.

Tab.3. Parametry hemodynamiczne podczas próby FFFT między grupami.

	Grupa HFrEF (n=30)	Grupa K (n=24)	p
	X(SD)	X(SD)	
	Przed		
SBP [mmHg]	112,6 (15,9)	131,2 (12,6)	<0,001
DBP [mmHg]	72,1 (10,7)	72,1 (10,7)	0,007
HR [ud/min]	78,5 (9,7)	75,8 (13,5)	0,502
	Po		
SBP [mmHg]	121,4 (19,8)	139,8 (19,3)	<0,001
DBP [mmHg]	75,9 (11,5)	84,2 (11,8)	0,025
HR [ud/min]	101,7 (25,2)	87,9 (15,5)	0,028
SBP-skurczowe ciśnienie krwi (ang. systolic blood pressure); DBP-rozkurczowe ciśnienie krwi (ang. diastolic blood pressure); HR-tętno (ang. heart rate)			

Tabela.4. przedstawia analizę przyrostów ciśnienia krwi po FFFT. W obu grupach odnotowano istotne statystyczne zmiany w pomiarach ciśnienia krwi i tętna przed wykonaniem Fullerton Functional Fitness Test i po jego zakończeniu. W grupie badanej po zakończeniu testu istotnie wzrosło ciśnienie skurczowe ($p=0,006$) i tętno ($p<0,001$). W grupie kontrolnej istotne przyrosty odnotowano zarówno w pomiarach ciśnienia skurczowego ($p=0,012$), jak i rozkurczowego ($p=0,008$) oraz tętna ($p=0,002$).

Tab.4. Analiza przyrostów ciśnienia krwi.

	Parametr	Przed	Po	p
Grupa HFrEF (n=30)	SBP [mmHg]	112,6 (15,9)	121,4 (19,8)	0,006
	DBP [mmHg]	72,1 (10,7)	75,9 (11,5)	0,424
	HR [ud/min]	78,5 (9,7)	101,7 (25,2)	<0,001
Grupa K (n=24)	SBP [mmHg]	131,2 (12,6)	139,8 (19,3)	0,012
	DBP [mmHg]	79,8 (8,5)	84,2 (11,8)	0,008
	HR [ud/min]	75,8 (13,5)	87,9 (15,5)	0,002
SBP-skurczowe ciśnienie krwi; DBP-rozkurczowe ciśnienie krwi; HR-tętno				

7.2.2. Analiza korelacji

W celu oceny związku pomiędzy Fullerton Functional Fitness Test i siłą ścisku ręki, a frakcją wyrzutową lewej komory (LVEF), szczytowym zużyciem tlenu (peakVO2) oraz parametrem NT-proBNP przeprowadzono analizę korelacji Spearmana. Przeprowadzone analizy miały również na celu ocenę przydatności FFFT w wyjściowej funkcjonalnej ocenie (klinicznej) pacjentów. Dane przedstawiono w tabeli 5.

Tab. 5. Korelacje pomiędzy Fullerton Functional Fitness Test i siłą ścisku ręki a LVEF, wybranym parametrem próby ergospirometrycznej i parametrem NT-proBNP.

	LVEF		peak VO2/kg (mL/min)		NT-proBNP	
	r	p	r	p	r	p
6MTW [m]	0,76	<0,001	0,83	<0,001	-0,71	<0,001
Chair Stand [l.powtórzeń]	0,63	<0,001	0,60	<0,001	-0,49	<0,001
Arm Curl [l.powtórzeń]	0,64	<0,001	0,76	<0,001	-0,50	<0,001
Chair Sit & Reach [cm]	0,38	0,005	0,36	0,008	-0,22	0,72
Back Scratch [cm]	0,46	<0,001	0,61	<0,001	-0,36	<0,001
8-foot Up&Go [s]	-0,69	<0,001	-0,77	<0,001	0,57	<0,001
Siła ścisku ręki [kg]	0,39	0,004	0,45	<0,001	-0,50	<0,001

Wykazano istotnie statystycznie dodatnią korelację pomiędzy wszystkimi próbami FFFT a LVEF z wyjątkiem próby 8-foot Up&Go, która była istotnie statystycznie ujemna.

Szczytowy pobór tlenu (peakVO2 wyrażonym z mL/min) również istotnie dodatnio korelował ze wszystkimi próbami FFFT, z wyjątkiem próby 8-foot Up&Go, której korelacja była istotnie statystycznie ujemna.

Wartości siły ścisku ręki istotnie dodatnio korelowały z LVEF oraz z peak VO2 (wyrażonym w mL/min).

7.3. Analiza zmian termicznych skóry

U wszystkich badanych odnotowano istotne statystycznie zmniejszenie temperatury w drugim pomiarze (2 min po wysiłku) oraz powrót do wartości wyjściowych w trzecim pomiarze (po 10 min od wysiłku) – tab. 6 i 7. W poszczególnych pomiarach natomiast, nie zaobserwowano istotnych różnic w temperaturze kończyn górnych pomiędzy chorymi z HFrEF a grupą kontrolną – Ryc. 10.

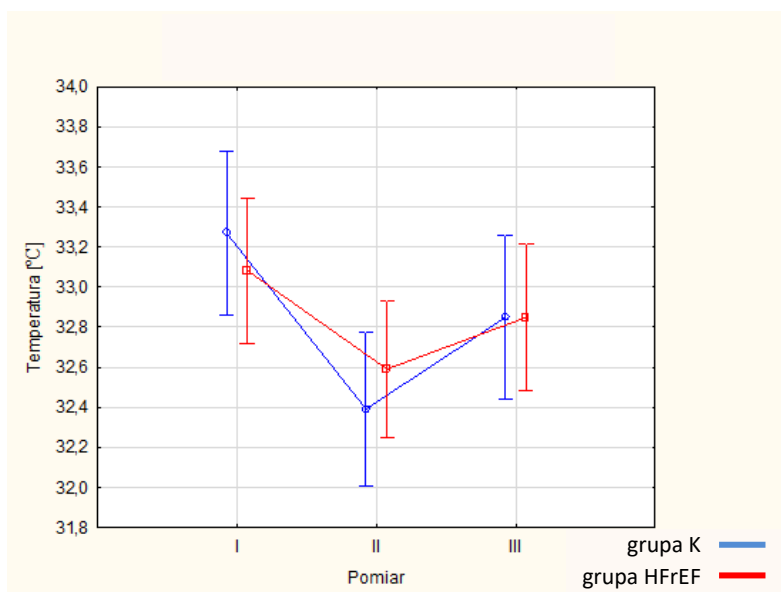
Tab.6. Charakterystyka porównawcza temperatur dla grupy kontrolnej

Pomiar	p	różnice temperatur [°C]
II z I	0,000	-0,9
III z II	0,001	0,5
III z I	0,150	-0,4

Tab. 7. Charakterystyka porównawcza temperatur dla pacjentów z HFrEF

Pomiar	p	różnice temperatur [°C]
II z I	0,018	-0,5
III z II	0,001	0,3
III z I	0,855	-0,2

Na ryc.10. przedstawiono przebieg zmian temperatur w czasie w obu grupach.



Ryc.10. Charakterystyka porównawcza przebiegów zmian temperatury w czasie w obu grupach.

7.3.1 Analiza korelacji w badaniu termowizyjnym

Dla wszystkich osób i każdej grupy osobno w badaniu wstępnym nie wykazano istotnych korelacji pomiędzy wartościami temperatury wyjściowej z BMI, peakVO₂ i LVEF.

8.Dyskusja

8.1. Ocena elementów sprawności funkcjonalnej

Niewydolność serca jest chorobą postępującą, charakteryzuje się ograniczoną zdolnością do wykonywania czynności funkcjonalnych. Ocena zdolności funkcjonalnych odzwierciedla możliwości wykonywania codziennych czynności życiowych, które wymagają nie tylko określonej wydolności, ale też sprawności fizycznej [Jones i wsp., 2002].

Do najbardziej uciążliwych problemów w wykonywaniu czynności dnia codziennego przez pacjentów z niewydolnością serca należą: wchodzenie po schodach, chodzenie i przemieszczanie się, wykonywanie prac porządkowych, kąpiel [Dunlay i wsp., 2015]. Pacjenci również mają problem ze schylaniem się [Baeza-Trinidad i wsp., 2017] i podnoszeniem ciężkich rzeczy [Walthall i wsp., 2019].

Ocena sprawności fizycznej jest podstawą do opracowania odpowiedniego programu rehabilitacji [Różańska-Kirschke i wsp., 2006], która może zmniejszyć ograniczenia ruchowe spowodowane chorobą oraz wydłużyć okres niezależności i samodzielności.

Mimo potrzeby oceny sprawności fizycznej pacjentów z niewydolnością serca w dostępnej literaturze dominuje głównie ocena wydolności i jakości życia [Hendrican i wsp., 2000; Suman-Hrduna i wsp., 2013]. Ocena jakości życia wydaje się być ważna w klinicznej ocenie pacjentów z niewydolnością serca jednak jest oceną subiektywną i nie odzwierciedla w bezpośredni sposób wpływu choroby na sprawność fizyczną pacjentów. Brak precyzyjnego narzędzia oceniającego wszystkie komponenty sprawności fizycznej pacjentów z HF generuje potrzebę stworzenia lub wykorzystania już istniejących metod. Taka strategia diagnostyczna może zmniejszyć koszty związane z hospitalizacją pacjentów, dostosować rehabilitację do potrzeb funkcjonalnych i poprawić jakość życia chorych.

W teorii i praktyce fizjoterapeutycznej zdolności funkcjonalne oceniane są głównie za pomocą testu CPET i 6MWT [Rostango i wsp., 2008; Mohammed i wsp., 2018; Hollriegel i wsp., 2016], który nie ocenia podstawowych cech sprawności fizycznej takich jak: siła mięśniowa, wytrzymałość, koordynacja i gibkość.

Obniżona wydolność wysiłkowa, będąca konsekwencją niewydolności serca w miarę postępu choroby powoduje stopniowe pogarszanie się stanu pacjenta ograniczając jego aktywność fizyczną i w rezultacie sprawność fizyczną [Jankowska-Polańska i wsp., 2014]. Dlatego w badaniach własnych do wyjściowej oceny sprawności funkcjonalnej wykorzystano Fullerton Functional Fitness Test, który odzwierciedla zmiany w wydolności i sprawności fizycznej [Jones i wsp., 2002].

Sercowo-płucny test wysiłkowy (CPET) i test 6-minutowego chodu są często używanymi narzędziami do oceny sprawności fizycznej pacjentów z niewydolnością serca, jednak nie określają w pełni problemów związanych z wykonywaniem codziennych czynności pacjentów z niewydolnością serca. Po dokonaniu przeglądu dostępnego piśmiennictwa, w świetle mojej wiedzy, jest to pierwsza analiza oceny sprawności funkcjonalnej pacjentów z niewydolnością serca przy użyciu Fullerton Functional Fitness Test, którego wyniki zostały skorelowane z uznanymi parametrami oceny złego rokowania w populacji pacjentów z HFrEF, takimi jak LVEF, proBNP i wynikami CPET.

Poniżej opisano znaczenie każdej z prób FFFT w ocenie sprawności funkcjonalnej pacjentów z niewydolnością serca.

8.1.1. Próba Chair Stand i Arm Curl – ocena wytrzymałości mięśniowej

Wytrzymałość mięśniowa stanowi zdolność do wykonywania czynności dnia codziennego bez ogromnego i szybkiego narastającego zmęczenia [ACSM's 2014]. Wytrzymałość mięśniowa w znacznym stopniu zależy od wydolności organizmu, która u osób z niewydolnością serca jest nawet ok. 50% mniejsza od należącej [Arena i wsp., 2008].

Podczas wykonywania czynności dnia codziennego wykorzystuje się kończyny górne w takim samym stopniu co kończyny dolne. Dlatego w pracy własnej wytrzymałość mięśni kończyn dolnych zbadano za pomocą próby Chair Stand, a wytrzymałość mięśni kończyn górnych zbadano za pomocą próby Arm Curl.

W badaniach własnych pacjenci z niewydolnością serca uzyskali istotnie gorsze wyniki podczas obu prób, w porównaniu do grupy kontrolnej. Dodatkowo w pracy

zaobserwowano dodatnie korelacje obu prób Chair Stand i Arm Curl z LVEF, peak VO₂/kg (mL/min) i ujemną z NT-proBNP, co oznacza, że wraz ze spadkiem LVEF i peak VO₂/kg (mL/min) oraz wzrostem NT-proBNP zmniejsza się wytrzymałość mięśniowa kończyn dolnych i górnych.

W dostępnej literaturze podobnej analizy dokonała jedynie Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp.[Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2010]. Do oceny wytrzymałości mięśni kończyn dolnych i górnych również wykorzystwała próby Chair Stand i Arm Curl i wykazała ujemną korelację wyników wyżej wymienionych prób ze stężeniem NT-proBNP. Oprócz tych korelacji, wyniki prób jej pacjentów, Chair Stand i Arm Curl korelowały z licznymi parametrami klinicznymi, w tym z eGFR (ang. glomerular filtration rate) oraz z ACE-I (ang. Angiotensin-converting enzyme inhibitor).

Zatem dostępne dane wskazujące na związek wyników prób Chair Stand i Arm Curl z obiektywnym stanem klinicznym pacjenta z HF zwracają uwagę na ważną rolę tych prób we wstępnej ocenie sprawności funkcjonalnej.

8.1.2. 6-Minute Walk Test – ocena wydolności fizycznej

Cechą charakterystyczną w niewydolności serca jest nietolerancja wysiłku, która objawia się dusznością i uczuciem szybkiego męczenia się. Gdy choroba jest mocno zaawansowana, objawy występują przy minimalnym wysiłku fizycznym, a nawet w spoczynku (NYHA IV) [Ponikowski i wsp., 2016].

Dlatego w badaniach własnych do oceny wydolności organizmu oprócz badania CPET, które jest „złotym standardem” oceny wydolności fizycznej, ale niekiedy jest trudne do wykonania i nadal mało dostępne, wykorzystano 6MWT. U osób z ciężkim upośledzeniem wydolności, niezdolnych do wykonania istotnego wysiłku podczas CPET, 6MWT może być testem maksymalnym. Wszyscy badani wykonywali próbę 6MWT zgodnie z protokołem, który zezwala na konieczność odpoczynku w trakcie wykonania marszu i słowną zachętę do kontynuowania spaceru [Różańska-Kirschke i wsp., 2006]. Pacjenci z niewydolnością serca uzyskali istotnie gorsze wyniki podczas obu badań. Ponadto dwóch pacjentów ukończyło próbę 6MWT przed czasem uzyskując dystans 110m i 210m. Średni dystans 6MWT wszystkich pacjentów z HF rEF wyniósł 363,6±125m, a średnie szczytowe zużycie tlenu VO₂ w badaniu CPET wyniosło 18,3±,6 ml/kg/min. Świadczy to o niskiej tolerancji wysiłku i niekorzystnym rokowaniu [Bittner i wsp., 1993].

Ponadto ogranicza codzienną aktywność pacjentów i zmusza ich do siedzącego trybu życia.

Obserwacje własne zgodne są z opublikowanymi wcześniej badaniami, w których pacjenci z ciężką niewydolnością serca (NYHA III-IV) mieli znacznie krótszy dystans 6MWT, niż pacjenci z grupy kontrolnej (NYHA II) [Opasich i wsp., 2001]. Dodatkowo u pacjentów z niewydolnością serca zaobserwowano istotne dodatnie korelacje dystansu 6MWT z LVEF, peakVO₂. Uzyskane wyniki własne stanowią potwierdzenie obserwacji innych autorów, którzy wykazują liniową korelację dystansu 6MWT z pomiarem szczytowego zużycia tlenu (peakVO₂), który ma istotną wartość prognostyczną i rokowniczą w HF [LO i wsp., 2015; Hendrican i wsp., 2000].

W codziennej praktyce klinicznej jednym z najważniejszych biomarkerów ocenianych w trakcie zarówno diagnostyki jak i leczenia pacjentów z HF jest N-końcowy fragment mózgowego propeptydu natriuretycznego typu B (NT-proBNP). Jest on uznanym biomarkerem obciążenia ściany mięśnia sercowego, związanego ze zwiększeniem ciśnienia w jamie lewej komory, oraz koreluje z obniżoną LVEF [Passino i wsp., 2006]. W badaniach własnych zaobserwowano, że wysokie stężenie NT-proBNP u pacjentów z niewydolnością serca, związany jest z upośledzeniem tolerancji wysiłku, ocenionej za pomocą 6MWT, wykazując istotną ujemną korelację.

Podobnych obserwacji dokonał Laoutaris i wsp. [Laoutaris i wsp., 2010]. Do badań zakwalifikował 57 pacjentów z przewlekłą niewydolnością serca (mężczyźni i kobiety) z LVEF $28,7 \pm 8\%$. Wśród badanych m.in. ocenił stężenie NT-proBNP, którego wyniki skorelował z peakVO₂ i LVEF i 6MWT. Analiza jego wyników wykazała, że korelacje z NT-proBNP są istotnie ujemne i niezależnie związane z dystansem 6MWT, peakVO₂ i LVEF [Laoutaris i wsp., 2010].

Wyniki własne i Laoutaris wykazują, że wysoki stężenia NT-proBNP jest niezależnym wyznacznikiem wydolności fizycznej pacjentów z niewydolnością serca ocenianej za pomocą 6MWT. Do dnia dzisiejszego nie opublikowano innych prac, które wykazałyby związek między NT-proBNP a 6MWT. Jedynie stwierdzono, wzrost wydolności fizycznej i spadek stężenia NT-proBNP, który korelował z poprawą stanu klinicznego ocenianego klasą czynnościową NYHA u pacjentów z niewydolnością serca biorących udział w treningu fizycznym [Conraads i wsp., 2004].

8.1.3. Próba 8-foot Up and Go – ocena zwinności i równowagi dynamicznej

Zwiększona męczliwość, osłabienie mięśniowe i działania niepożądane niektórych leków związane z bradykardią i hipotensją ortostatyczną powodują (np. diuretyki, digoksyna, inhibitory konwertazy angiotensyny), że pacjenci z niewydolnością serca, zwłaszcza ci po 65 roku życia, częściej narażeni są na upadki [Wong i wsp., 2011; Rich 2012].

Zdolności motoryczne pacjentów z niewydolnością serca w badaniach własnych zbadano za pomocą próby 8-foot Up and Go. Istotnie dłuższy czas wykonania zadania uzyskali pacjenci z niewydolnością serca, co świadczy o gorszej zwinności i równowadze dynamicznej, która może przyczyniać się do zwiększonego ryzyka upadków.

Wyniki własne zgodne są z badaniami Węgrzynowskiej-Teodorczyk i wsp. Podczas próby 8-foot Up and Go jej pacjenci z niewydolnością serca uzyskali również znacznie dłuższy czas w porównaniu ze zdrowymi równolatkami [Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2007].

Gorsze zdolności motoryczne pacjentów z niewydolnością serca potwierdzono z wykorzystaniem badania rezonansu magnetycznego głowy (MRI. ang. magnetic rezonanse imaging) w badaniu przeprowadzonym przez zespół Woo i wsp na pacjentach z niewydolnością serca [Woo i wsp., 2015]. Wyniki ich badań przedstawiają zmiany istoty białej i szarej w wielu miejscach w mózgu, również w obszarach odpowiadających za koordynację autonomiczną i motoryczną [Woo i wsp., 2015].

Oprócz obiektywnych badań, nad oceną predyspozycji do upadków pacjentów z niewydolnością serca, przeprowadzono przekrojowe badanie wśród 11113 pacjentów \geq 65 roku życia, chorujących przewlekle, w tym z niewydolnością serca (533 pacjentów) [Lee i wsp., 2009]. W przeprowadzonym wywiadzie z pośród wszystkich pacjentów z niewydolnością serca, aż 43 % zgłaszało 2 upadki lub więcej w przeciągu 2 lat [Lee i wsp., 2009]. Jest to większy odsetek zgłoszeń upadków w porównaniu z innymi chorobami przewlekłymi. Dlatego ocena zwinności i równowagi dynamicznej wydaje się być ważna we wstępnej ocenie sprawności funkcjonalnej pacjentów z niewydolnością serca.

8.1.4. Chair Sit and Reach i Back Scratch – ocena gibkości

W obecnych badaniach również dokonano oceny gibkości górnej i dolnej części ciała przy użyciu Chair Sit and Reach i Back Scratch.

Uzyskane wyniki w grupie pacjentów z niewydolnością serca były istotnie gorsze w porównaniu z osobami z grupy kontrolnej.

W dostępnej literaturze brakuje doniesień dotyczącej oceny gibkości pacjentów z niewydolnością serca. Podobnej dwukrotnej oceny gibkości dokonała tylko Węgrzynowska-Teodorczyk [Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2007; Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2010], której wyniki wskazują na brak istotnych różnic między pacjentami z niewydolnością serca, a zdrowymi równolatkami. Analiza jej wyników pokazuje, że zaawansowanie choroby określone klasą czynnościową NYHA nie wpływa na wymienione parametry gibkościowe. Według jej opinii i innych autorów [Holland i wsp., 2002; Bouchard 1997] elastyczność jest cechą morfologiczną, genetycznie uwarunkowaną i nie ma związku z postępem choroby.

Różnica pomiędzy wynikami w/w autorów a własnymi może wynikać z większego zaawansowania choroby określonego za pomocą LVEF w prezentowanym badaniu. W badaniach własnych średnia LVEF pacjentów z niewydolnością serca wyniosła 23%, w badaniach Węgrzynowskiej-Teodorczyk LVEF pacjentów wyniosła 30% [Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2007] i 29% [Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2010]. Obserwując powyższe różnice w wynikach wydaje się, że zaawansowanie choroby pacjentów z niewydolnością serca w pracy własnej było większe, co może być pośrednią przyczyną gorszej elastyczności uzyskanej w próbach Chair Sit and Reach i Back Scratch.

8.1.5. Badanie ręcznym dynamometrem

Utrata siły i masy mięśniowej może być konsekwencją chorób przewlekłych, prowadzących do zmian w metabolizmie i budowie mięśni [Von Haehling i wsp., 2013]. Przyczynia się do pogorszenia stanu klinicznego pacjenta, zwiększonej męczliwości i niewydolności [Fülster i wsp., 2012].

Zmiany siły mięśniowej, przede wszystkim kończyn dolnych w przebiegu niewydolności serca znajdują się w obszarze zainteresowań wielu autorów [Toth i wsp., 2010; Hülsman i wsp., 2004; Brunjes i wsp., 2016; Jankowska i wsp., 2008]. Wartość zginaczy i prostowników stawu kolanowego pacjentów z HF zbadała Toth [Toth i wsp., 2010]. W warunkach izokinetycznych i izostatycznych określiła szczytowy moment siły i zmierzyła czas maksymalnego momentu obrotowego kończyn dolnych. Pomimo braku różnic w strukturze kończyn dolnych i podobnej codziennej aktywności ruchowej

badanych, maksymalny pomiar siły mięśniowej kończyn dolnych był niższy o 15-33% w grupie pacjentów z HF [Toth i wsp., 2010].

Podobne wyniki w ocenie siły mięśniowej kończyn dolnych uzyskali inni autorzy [Hülsman i wsp., 2004; Fülster i wsp., 2012]. Dodatkowo przypuszczają, że zmniejszenie siły mięśnia czworogłowego uda ma wartość prognostyczną [Hülsman i wsp., 2004; Fülster i wsp., 2012] i przyczynia się do obniżenia jakości życia pacjenta z niewydolnością serca [Jankowska i wsp., 2008].

Badanie siły mięśniowej nie ogranicza się tylko do pomiaru dużych grup mięśniowych. Również pomiar siły ścisku ręki, może być przydatny w globalnej ocenie siły mięśniowej pacjentów z niewydolnością serca, ponieważ siła ścisku ręki silnie koreluje z innymi miarami siły mięśniowej [Izawa i wsp., 2009; Fülster i wsp., 2012].

W badaniach własnych oceniono siłę ścisku dominującej ręki, która była istotnie niższa w grupie pacjentów z niewydolnością serca. Dodatkowo analiza wyników własnych wykazała istotnie dodatnie korelacje próby siłowej z LVEF%, peakVO₂ i dystansu 6MTW, które według niektórych autorów [Izawa i wsp., 2009; Fülster i wsp., 2012] mogą być wykorzystane do oceny stanu klinicznego i wartości prognostycznych chorych z niewydolnością serca.

Wyniki badań własnych, mimo różnicy badanej jednostki chorobowej, zgodne są z wynikami Mroszczyk-McDonald, która w swoich badaniach również wskazuje na korelację siły ścisku ręki z peak VO₂ wśród pacjentów z chorobą niedokrwienną serca [Mroszczyk-McDonald i wsp., 2007]. Zaobserwowana utrata siły mięśniowej w badaniach własnych i innych autorów może potwierdzać jedną z hipotez wskazujących na rolę czynników obwodowych (mięśniowych) w nietolerancji wysiłku, która dotyczy zmian strukturalnych, metabolicznych lub czynnościowych w obrębie mięśni szkieletowych w przebiegu niewydolności serca [Fülster i wsp., 2012; Von Haehling i wsp., 2015; Ebner i wsp., 2017].

Względnie prosty pomiar siły mięśniowej ręcznym dynamometrem, może stać się wygodnym i praktycznym wskaźnikiem siły mięśniowej pacjentów z HF, a jednocześnie wskazywać na zawansowanie choroby i stan kliniczny oraz ewentualne rokowanie w tej grupie chorych.

Analiza wyników własnych oraz badania innych autorów, potwierdzają, że FFFT może stanowić uzupełnienie holistycznej oceny pacjentów z niewydolnością serca.

Inni autorzy potwierdzają, że pacjenci z niewydolnością serca w klasie NYHA I-II prezentują gorszą sprawność fizyczną, w porównaniu do grupy kontrolnej bez HF

[Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2007]. Wyniki badań Węgrzynowskiej-Teodorczyk również wykazują, że najważniejszymi wyznacznikami sprawności fizycznej u mężczyzn z niewydolnością serca jest ich wiek i klasa czynnościowa NYHA [Węgrzynowska-Teodorczyk i wsp., 2010]. W pracy własnej nie zbadano podobnej zależności, co może wynikać z małej liczebności grupy.

Inne prace, które wykorzystują w metodologii FFFT mają na celu ocenę skuteczności treningu Nordic Walking na poprawę ogólnej sprawności fizycznej mężczyzn po ostrym zespole wieńcowym [Kocur i wsp., 2009] i pacjentów po zawale mięśnia sercowego [Wilk i wsp., 2005].

Dotychczas FFFT do funkcjonalnej oceny pacjentów z niewydolnością serca wykorzystał tylko Bocalini i wsp. [Bocalini i wsp., 2008]. Oceniał on wpływ ćwiczeń ogólnorozwojowych na wykonywanie czynności życia codziennego. Przy pomocy kwestionariusza WHOQOL (ang. World Health Organization Quality Of Life) ocenił jakość życia chorych. Pacjentów podzielił na dwie grupy, jedną z nich poddał 6 miesięcznemu procesowi usprawniania. Grupa chorych, która ukończyła program rehabilitacji uzyskała zdecydowanie lepszą ocenę sprawności funkcjonalnych prezentowanych w FFFT, która przełożyła się na poprawę jakości życia chorych w kwestionariuszu WHOQOL [Bocalini i wsp., 2008].

8.2. Analiza zmian termicznych skóry

Pomimo, iż odpowiedź termoregulacyjna na stres cieplny u chorych z niewydolnością serca znalazła się w obszarze zainteresowań kilku badaczy [Zellis i wsp., 1968; Griffin i wsp., 1993; Cui i wsp., 2005; Benda i wso., 2016], nie znaleziono w dostępnym piśmiennictwie badań z wykorzystaniem kamery termowizyjnej. Dlatego według dostępnej wiedzy jest to pierwsze badanie, w którym wykorzystano termowizję do oceny zmian termicznych skóry kończyn górnych chorych z niewydolnością serca podczas próby wysiłkowej na bieżni.

Badania prowadzone w ostatnich latach wskazują, że osoby z niewydolnością serca charakteryzuje zwiększona wrażliwość na ekspozycję na stres cieplny, o czym miałyby świadczyć znaczący wzrost zachorowalności i śmiertelności podczas upałów [Basu i wsp., 2002; Cui i wsp., 2014; Balmain i wsp., 2017]. Uważa się, że najprawdopodobniej ma to związek z zaburzoną odpowiedzią termoregulacyjną u tych chorych [Balmain i wsp., 2017]. Sugeruje się, że powodem mogą być zmiany w funkcjonowaniu autonomicznego układu

nerwowego i sercowo-naczyniowego w przebiegu choroby, jak również prowadzone leczenie farmakologiczne [Balmain i wsp., 2017].

Utrzymanie stałej temperatury wewnętrznej ciała możliwe jest, m.in. dzięki termoregulacyjnej kontroli przepływu krwi przez skórę, zależnej przede wszystkim od współczulnego układu nerwowego [Charkoudian, 2010]. Podczas ekspozycji na stres cieplny (podwyższona temperatura środowiska i/lub aktywność fizyczna) dochodzi do włączenia szeregu fizjologicznych mechanizmów, mających na celu utrzymanie cieplnej równowagi i zapobieganie wzrostowi temperatury wewnętrznej ciała, takich jak zwiększone pocenie, rozszerzenie naczyń, zwiększenie skórno przepływu krwi, co prowadzi do zwiększonej utraty ciepła z organizmu [Balmain i wsp., 2017]. Reakcje mające na celu rozpraszanie ciepła zależne są od autonomicznego układu nerwowego i sercowo-naczyniowego, stąd pogorszenie ich funkcji może prowadzić do zaburzeń w zakresie termoregulacji [Balmain i wsp., 2017]. Sugeruje się, że u chorych z niewydolnością serca, w wyniku zaburzeń neurohumoralnych i układu sercowo-naczyniowego reakcje termoregulacyjne mogą być potencjalnie upośledzone [Balmain i wsp., 2017].

Wysiłek fizyczny prowadzi do wielu zmian zarówno w zakresie hemodynamicznej jak i termicznej homeostazy. Odpowiedź układu sercowo-naczyniowego w zakresie częstości skurczów serca, ciśnienia tętniczego, objętości wyrzutowej, rzutu serca oraz różnicy w saturacji tętniczo-żylniej została dość dobrze poznana i zależy od rodzaju, intensywności i czasu trwania wysiłku [Simmons i wsp., 2011; Merla i wsp., 2010; Ludwig i wsp., 2016]. Natomiast złożony mechanizm termoregulacyjny nadal pozostaje nie w pełni wyjaśniony i dotyczy to zarówno osób zdrowych (także sportowców), jak i osób chorych, w tym z niewydolnością serca. Dlatego niezwykle istotne są wszystkie badania, które poszerzają wiedzę odnośnie oddziaływania różnych czynników, w tym wysiłku, na odpowiedź termoregulacyjną chorych z HF.

Uważa się, że ilość krążącej w skórze krwi jest głównym wyznacznikiem zmian temperatury skóry [Fröhlich i wsp., 2014], a zmiany temperatury powierzchniowej ciała dostarczają informacji o wydajności procesów termoregulacji np. podczas wysiłku fizycznego [Chudecka i wsp., 2012].

W przypadku badań własnych temperaturę powierzchniową rejestrowano za pomocą kamery termowizyjnej przed wysiłkiem oraz w 2. i 10. minucie po zakończeniu próby wysiłkowej na bieżni. Ze względu na rzadsze występowanie chorób tętnic

w kończynach górnych w porównaniu do kończyn dolnych [Greenfield i wsp., 2002], w badaniu własnym pomiarów temperatury dokonano tylko w obrębie kończyn górnych.

Podczas intensywnych lub długotrwałych ćwiczeń krew kierowana jest przede wszystkim do pracujących mięśni szkieletowych [Merla i wsp., 2010], natomiast przepływ krwi do nie pracujących tkanek zostaje ograniczony [Čoh i wsp., 2007, Charkoudian, 2010]. W celu zminimalizowania utraty ciepła zostaje zredukowany skórny przepływ krwi, co powoduje początkowy spadek temperatury skóry [Fröhlich i wsp., 2014; Simmons i wsp., 2011]. W momencie gdy temperatura wewnętrzna ciała osiągnie próg pobudzenia termodetektorów w ośrodku termoregulacji w podwzgórzu, naczynia obwodowe ulegają rozszerzeniu i następuje utrata ciepła [Simmons i wsp., 2011]. Wraz ze wzrostem przepływu krwi przez skórę jej temperatura wzrasta [Fröhlich i wsp., 2014].

Taką reakcję obserwowano także w badaniach własnych. Dwie minuty po wysiłku temperatura powierzchniowa skóry kończyn górnych uległa istotnemu obniżeniu, w obu grupach, względem temperatury sprzed wysiłku. Natomiast w 10. minucie po wysiłku odnotowano istotny jej wzrost w porównaniu do pomiaru w 2. minucie – wartość temperatury pozostawała nieznacznie poniżej wartości początkowej. Jednocześnie we wszystkich punktach pomiarowych nie obserwowano istotnych różnic pomiędzy grupami.

Należy przy tym wziąć pod uwagę, że na temperaturę skóry wpływ wywiera wiele czynników, nie tylko natężenie przepływu krwi i aktywność współczulnego układu nerwowego, ale także jej budowa, szczególnie zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej [Hildebrandt i wsp., 2012]. W badaniach własnych w żadnej z grup nie wykazano istotnych zależności pomiędzy wyjściową temperaturą skóry, a BMI. Podobnie inne czynniki, nie tylko wysiłek fizyczny, mogą modyfikować skórny przepływ krwi, należą do nich m.in. wiek, hormony płciowe, choroby, nawodnienie organizmu [Charkoudian, 2010].

W dostępnej literaturze znaleźć można badania osób zdrowych dotyczące odpowiedzi termoregulacyjnej na zastosowany wysiłek o różnej intensywności, w których autorzy m.in. monitorowali zmiany temperatury skóry [Zontak i wsp., 1998; Merla i wsp., 2010; Fröhlich i wsp., 2014]. Badania te prowadzono, podobnie jak w przypadku badań własnych, w warunkach laboratoryjnych przy użyciu cykloergometru lub bieżni [Fröhlich i wsp., 2014; Tanda, 2018]. Stosowano różną metodykę pomiarów. Pomiarów temperatur dokonywano za pomocą termometrów lub kamery termowizyjnej zarówno podczas jak i po wysiłku [Benda i wsp., 2016; Fröhlich i wsp., 2014; Merla i wsp., 2005]. Temperatura mierzona była w różnych okolicach ciała, m.in. na czole [Akimov i wsp., 2011],

kończynach górnych [Zontak i wsp., 1998], dolnych [Korman i wsp., 2016], lub przedniej powierzchni ciała [Merla i wsp., 2010].

Merla i wsp. analizowali zmiany temperatury skóry u zdrowych, wytrenowanych biegaczy, m.in. kończyn górnych podczas wysiłku o wzrastającym stopniu intensywności. Badania przeprowadził podobnie jak w przypadku badań własnych, w warunkach laboratoryjnych przy użyciu bieżni. Pomiaru temperatury skóry dokonywano za pomocą kamery termowizyjnej przed, w trakcie i po zakończeniu wysiłku. Autor badań zabserwował spadek temperatury całego ciała już na samym początku wysiłku. Najbardziej wyraźny spadek temperatury pojawił się w dystalnych rejonach przedramion, a najmniejszy w centralnym rejonie tułowia. Podczas wysiłku, temperatura całego ciała jak i kończyn górnych spadała. Po zakończonym wysiłku (ok. 12 minuty) temperatura ciała najszybciej wzrastała w rejonie przedramion i opuszków palców, inne rejony (uda, tułów) wykazywały dłuższy czas powrotu temperatury z przed wysiłku [Merla i wsp. 2010].

W dostępnym piśmiennictwie niewiele natomiast jest prac dotyczących zmian przepływu krwi i temperatury skóry po ćwiczeniach u chorych z niewydolnością serca.

Interesujące obserwacje przeprowadzili Zelis i wsp., którzy wykonali badanie przepływu krwi przy użyciu pletyzmografu w obrębie przedramienia u chorych z zastoinową niewydolnością serca i osób zdrowych: przed, w trakcie i po wysiłku na cycloergometrze w pozycji leżącej. Autorzy wyciągnęli wnioski, że w zastoinowej niewydolności serca już w spoczynku naczynia skóry i mięśni przedramienia są nieprawidłowo zwężone, natomiast podczas ćwiczeń kończyn dolnych dochodzi do ich nadmiernego skurczu i brak jest rozszerzenia naczyń skórnych po wysiłku [Zelis i wsp., 1968].

Natomiast w badaniach własnych, temperatura spoczynkowa u chorych z HFrEF nie różniła się istotnie od grupy kontrolnej, co jest zgodne z wynikami Benda i wsp. [Benda 2016]. Nie zaobserwowano także istotnych różnic wartości temperatury powierzchniowej pomiędzy grupami w 2. i 10. min po wysiłku. Zaobserwowane różnice w wynikach badań w/w autorów i własnych mogą mieć związek z zastosowaną metodyką pomiarową (technika pletyzmograficzna), wielkością badanego obszaru i rodzajem wysiłku. Należy wziąć pod uwagę, że pomiar temperatury skóry w przeciwieństwie do pletyzmografii może dostarczać tylko informacji jakościowych, a nie ilościowych o zmianach w przepływie krwi.

W przeciwieństwie do badań własnych Griffin i wsp., u pacjentów z niewydolnością serca po krótkim (11 min) okresie ćwiczeń o niskiej intensywności na

bieżni wskazali na utrzymujący się spadek temperatury skóry na środkowym palcu lewej ręki (termistor) w porównaniu z osobami zdrowymi. Autorzy sugerowali, że nieprawidłowe zmiany temperatury obwodowej u pacjentów z upośledzoną czynnością lewej komory serca mogą być wczesnym i czułym wskaźnikiem nieprawidłowej odpowiedzi hemodynamicznej na wysiłek fizyczny. Dlatego też, pomiar temperatury skóry podczas wysiłku mógłby być wykorzystany jako badanie mogące pomóc w wykryciu indukowanej wysiłkiem dysfunkcji komór (niedokrwienie) lub upośledzonego rzutu serca (choroba zastawkowa serca). Jednocześnie, jak sugerowano, krótki wysiłek o niskiej intensywności mógł mieć ograniczony wpływ na zmiany temperatury [Griffin i wsp., 1969].

W przeciwieństwie do w/w autorów w przypadku badań własnych temperaturę mierzono jako średnią wartość dla całej kończyny górnej, a nie tylko dystalnych jej części: palca, ręki czy przedramienia, co mogło wpłynąć na uzyskane wyniki. Przy tym chorzy, podobnie jak u w/w autorów, wykonywali na bieżni krótki wysiłek (średnio 8 min) o niskiej intensywności.

W innych badaniach Benda i wsp. 2016, mierzyli temp. wewnętrzną ciała za pomocą telemetrycznej kapsułki i powierzchniową za pomocą czujników temperatury (termistory) podczas 30 min treningu o umiarkowanej intensywności na cykloergometrze u chorych z HF (14 osób, NYHA I-III) i zdrowych osób. Termistory umieszczone zostały w kilku punktach, m.in. na lewej ręce i po stronie prawej: na ręce, przedramieniu, łopatce i podudziu, oraz szyi. Obserwowali porównywalny indukowany ćwiczeniami wzrost temperatury wewnętrznej ciała, natomiast w przypadku temperatury powierzchniowej u chorych z HF odnotowano mniejsze zmiany w odpowiedzi na wzrost temp. wewnętrznej (nieistotne statystycznie) w porównaniu do grupy kontrolnej. Przy porównaniu temperatur powierzchniowych w ramach utworzonych podgrup (pierwsza chorzy HF – o najlepszym peakVO₂ i druga kontrolna – osoby o najniższej wydolności) zaobserwowali, że przy podobnej względnej intensywności wysiłku (ale niższym obciążeniu bezwzględnym) te różnice zniknęły. Natomiast 30 minut po zakończeniu wysiłku temperatura powierzchniowa u osób zdrowych osiągała wartość wyjściową, natomiast u osób z HF pozostawała poniżej tej wartości [Benda i wsp., 2016].

We wnioskach autorzy podkreślili, że osłabiona odpowiedź termoregulacyjna chorych z HF może częściowo wynikać z niższego bezwzględnego obciążenia wysiłkiem oraz niższego poziomu sprawności fizycznej tych chorych [Benda i wsp., 2016]. Należy podkreślić, że w przypadku obserwacji Benda i wsp. 2016 i badań własnych obie grupy

wykonywały wysiłek o różnym obciążeniu zależnym od ich wydolności, zgodnie z zasadami wykonywania prób wysiłkowych [Arena i wsp., 2011].

W badaniach własnych pomiarów dokonano wyłącznie przed i w 2. i 10. minucie po próbie wysiłkowej na bieżni. Pomimo różnic w zastosowanym podczas wysiłku obciążeniu, wartości temperatur po nim u chorych z HFrEF nie różniły się istotnie od grupy kontrolnej i w 10. minucie po biegu na bieżni ciągle nie osiągnęły wartości wyjściowej, co jest zgodne z tym co zaobserwowali Benda i wsp., 2016 [Benda i wsp., 2016]. Czas powrotu temperatury powierzchniowej sprzed wysiłku u pacjentów z niewydolnością serca może być dłuższy ze względu na upośledzoną rezerwę rzutu u tych chorych, co może prowadzić do osłabienia dopływu krwi do skóry. Jak się wydaje, zbyt krótki wysiłek (ok. 8 min) o niskiej intensywności i zbyt krótki czas obserwacji w badaniach własnych (10 min po wysiłku) nie pozwala na potwierdzenie wykazanej przez innych autorów osłabionej wazodylatacji naczyń skórnych i dłuższego powrotu temperatury do wartości wyjściowych w przebiegu HF.

W innych badaniach potwierdzono, że rozszerzenie naczyń u chorych z HF w odpowiedzi na ciepło środowiskowe jest osłabione [Cui i wsp., 2005]. Natomiast sam mechanizm pozostaje niejasny [Cui i wsp., 2013, Balmain i wsp. 2017]. Wiadomo, że skórne łożyska naczyniowe i gruczoły potowe są unerwione przez skórne nerwy współczulne. Po ekspozycji na ciepło początkowy wzrost skórny przepływu następuje poprzez zmniejszenie napięcia nerwów współczulnych. Natomiast wraz ze wzrostem temperatury wewnętrznej w wyniku zwiększenia aktywności nerwów współczulnych skóry następuje rozszerzenie naczyń krwionośnych i pojawia się pocenie [Cui i wsp., 2013].

Stąd pojawiła się hipoteza, że osłabiona skórna wazodylatacja u chorych z HF może mieć związek z osłabieniem aktywności nerwów współczulnych w przebiegu choroby, czego jednak nie potwierdzili w swoich badaniach Cui i wsp., 2013 [Cui i wsp., 2013].

Rozpatrując przypuszczalne mechanizmy osłabionej wazodylatacji w przebiegu HF sugerowano, że mogą być odpowiedzialne za to inne czynniki, np. związane z dysfunkcją skórnych naczyń krwionośnych w przebiegu choroby i upośledzoną funkcją śródbłonna wydzielającego szereg parakrynych substancji regulujących funkcje naczyniowe. Jedną z takich substancji wazoaktywnych jest tlenek azotu, który m.in. odpowiedzialny jest za rozszerzenie naczyń krwionośnych. U chorych z HF reaktywność naczyń (rozszerzenie) w odpowiedzi na tlenek azotu pozostaje zmniejszone [Green i wsp., 2006]. Wśród innych czynników wskazuje się także na rolę noradrenaliny, której stężenie w osoczu jest znacznie

wyższe u chorych z HF [Abraham i wsp., 1990]. Na reakcje termoregulacyjne wpływ mogą mieć przyjmowane leki, takie jak beta-blokery [Pescatello i wsp., 1990], diuretyki [Balmain i wsp., 2017], czy leki przeciwplatekcyjne [Bruning i wsp., 2013].

9. Wnioski

1. W badaniach własnych pacjenci z niewydolnością serca uzyskali istotnie gorsze wyniki dotyczące sprawności funkcjonalnej, w porównaniu do osób bez niewydolności serca, ocenianej za pomocą składowych Fullerton Functional Fitness Test: Chair Stand, Arm Curl 6MWT, 8-foot Up and Go, Chair Sit and Reach, Back Scratch oraz siły ścisku ręki dominującej.

2. Badania potwierdziły, iż FFFT jest prostym powtarzalnym narzędziem oceny funkcjonalnej pacjentów z HFrEF. Pozwala na różnicowanie pacjentów pod względem zaawansowania choroby. Na podstawie uzyskanych wyników można sugerować wprowadzenie testu FFFT do wstępnej oceny klinicznej tych chorych przy planowaniu postępowania rehabilitacyjnego.

3. Nie zaobserwowano istotnych różnic w spoczynkowej jak i wysiłkowej temperaturze powierzchniowej kończyn górnych pomiędzy grupą z HFrEF i grupą kontrolną.

4. Wydaje się, że badanie temperatury powierzchniowej skóry kończyn górnych za pomocą kamery termowizyjnej podczas próby wysiłkowej na bieżni u chorych z niewydolnością serca ma ograniczone zastosowanie kliniczne. Jednakże dalszych badań wymaga określenie, czy uwzględnienie mniejszego obszaru pomiarowego (ręka, przedramię) może wpłynąć na uzyskane wyniki.

Ograniczenia badań

Badanie Fullerton Functional Fitness Test. Ograniczeniem pracy jest mała liczebność grupy badawczej, co uniemożliwiło podział badanych ze względu na płeć i poszczególne kategorie wiekowe.

Badanie termowizyjne. Należy wziąć pod uwagę, że na uzyskane w badaniu termowizyjnym wyniki mógł mieć wpływ czas trwania i intensywność wysiłku, gdyż krótki wysiłek o niskiej intensywności mógł mieć ograniczony wpływ na zmiany temperatury (u Griffin). Przyjęty w metodycie badań własnych czas obserwacji po wysiłku (10 min) wydaje się zbyt krótki (Benda). Temperaturę mierzono jako średnią wartość dla całej kończyny górnej, a nie tylko dystalnych jej części – ręki czy przedramienia, co mogło

wpłynąć na uzyskane wyniki i utrudniło porównanie wyników własnych z wynikami innych autorów (Griffin, Benda).

10. Bibliografia

1. Abbas AK, Heimann K, Blazek V, Orlikowsky T, Leonhardt S. Neonatal infrared thermography imaging: analysis of heat flux during different clinical scenarios. *Infrared Physics & Technology*, 2012; 55(6), 538-548.
2. Abraham WT, Hensen J, Schrier RW. Elevated plasma noradrenaline concentrations in patients with low-output cardiac failure: dependence on increased noradrenaline secretion rates. *Clin Sci (Lond)*, 1990 Nov;79(5):429-35.
3. Akimov EB, Son'kin VD. Skin temperature and lactate threshold during muscle work in athletes. *Hum Physiol*. 2011; 37(5): 120-128.
4. Alexander JL, Phillips WT, Wagner CL. The effect of strength training on functional fitness in older patients with chronic lung disease enrolled in pulmonary rehabilitation. *Rehabil Nurs*. 2008;33(3):91-97.
5. Ambrosetti M, Abreu A, Corrà U, Davos C., Hansen D, Frederix I, i wsp. Secondary prevention through comprehensive cardiovascular rehabilitation: From knowledge to implementation. 2020 update. A position paper from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *European journal of preventive cardiology*, 2021; 28(5), 460-495.
6. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs, 5th ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2013.
7. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercisetesting and prescription. 10th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2014: 236–256.
8. Ammer K. The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermology Int*. 2008; (18), 125-144.
9. Arena R, Myers J, Guazzi M. Cardiopulmonary exercise testing is a core assessment for patients with heart failure. *Congestive Heart Failure* 2011; 17(3), 115-119.
10. Arena R, Myers J, Guazzi M. The clinical importance of cardiopulmonary exercise testing and aerobic training in patients with heart failure. *Rev Bras Fisioter* 2008; (12), 75-87.
11. Arora N, Martins D., Ruggerio D., et al. Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. *American Journal of Surgery*. 2008;196(4):523–526.

12. Askanas Z, Tylka J, Rudnicki S, Ostrowska H, Barylak J, Tyimińska K. Assessment of the effectiveness of the hospital method of psychological rehabilitation of patients with recent myocardial infarct. *Kardiologia Polska*. 1970 ;13(4):293-300.
13. Baeza-Trinidad R, Mosquera-Lozano JD. Bendopnea: the next prognostic marker of advanced heart failure? *Am Heart J*. 2017;186.
14. Balady GJ, Williams MA, Ades PA, Bittner V, Comoss, Foody JM, Frankiln BA, Sanderson B, Southard D. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: A scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation* 2007; 115: 2675–2682.
15. Balmain BN, JayO, Sabapathy S, Royston D, Stewart GM, Jayasinghe R, Morris NR. Altered thermoregulatory responses in heart failure patients exercising in the heat. *Physiological reports*, 2016;4(21).
16. Balmain BN, Sabapathy S, Jay O, Adsett J, Stewart GM, Jayasinghe R, Morris NR. Heart Failure and Thermoregulatory Control: Can Patients With Heart Failure Handle the Heat? *J Card Fail*. 2017 Aug;23(8):621-627.
17. Balsam P, Tyimińska A, Kapłon-Cieślicka A, Ozierański K, Peller M, Galas M, Marchel M, Drożdż J, Filipiak KJ, Opolski G. Predictors of one-year outcome in patients hospitalised for heart failure: results from the Polish part of the Heart Failure Pilot Survey of the European Society of Cardiology. *Kardiol Pol*. 2016;74(1):9-17.
18. Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev*. 2002;24(2):190-202.
19. Bekelman DB, Havranek EP, Becker DM, Kutner JS, Peterson PN, Wittstein IS, Gottlieb SH, Yamashita TE, Fairclough DL, Dy SM. Symptoms, depression, and quality of life in patients with heart failure. *Journal of cardiac failure*, 2007; 13(8), 643-648.
20. Benda NM, Eijsvogels TM, Van Dijk AP, Bellersen L, Thijssen DH, Hopman MT. Altered core and skin temperature responses to endurance exercise in heart failure

- patients and healthy controls. *European journal of preventive cardiology*, 2016; 23(2), 137-144.
21. Bilbao A, Escobar A, García-Perez L, Navarro G, Quirós R. The Minnesota living with heart failure questionnaire: comparison of different factor structures. *Health and Quality of Life Outcomes*, 2016; 14(1), 23.
 22. Bittner V, Weiner DH, Yusuf S, Rogers WJ, McIntyre KM, Bangdiwala SI, Kronberg MV, Kostis JB, Kohn RM, Guillothe M, Greenberg B, Woods PA, Bourassa MG. Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction. *Jama*, 1993; 270(14), 1702-1707.
 23. Bocalini DS, Santos LD, Serra AJ. Physical exercise improves the functional capacity and quality of life in patients with heart failure. *Clinics*, 2008; 63(4), 437-442.
 24. Bouchard C. Genetics of fitness and physical performance. *Human Kinetics Champaign*, 1997.
 25. Bruning RS, Dahmus JD, Kenney WL, Holowatz LA. Aspirin and Clopidogrel Alter Core Temperature and Skin Blood Flow during Heat Stress. *Med Sci Sports Exerc*, 2013 April ; 45(4): 674–682.
 26. Brunjes DL, Dunlop M, Wu C, Jones M , Kato TS , Kennel PJ , Armstrong HF , Choo TH , Bartels MN, Forman DE , Mancini DM, Schulze PC. Analysis of skeletal muscle torque capacity and circulating ceramides in patients with advanced heart failure. *Journal of cardiac failure* 2016; 22(5), 347-355.
 27. Budui S, Bigolin F, Giordano F, Leoni S, Berteotti M, Sartori E, Franceschini L, Taddei M, Salvetti S, Castiglioni F, Gilli F, Skafidas S, Schena F, Petroni ML, Busetto L. Effects of an Intensive Inpatient Rehabilitation Program in Elderly Patients with Obesity. *Obes Facts*. 2019;12(2):199-210.
 28. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *Journal of Applied Physiology*, 2010; 109(4), 1221-1228.
 29. Charkoudian N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why. In *Mayo clinic proceedings* 2003; 78(5), 603-612.
 30. Chen X, Xin Y, Hu W, Zhao Y, Zhang Z, Zhou Y. Quality of life and outcomes in heart failure patients with ejection fractions in different ranges. *Plos one*, 2019; 14(6), e0218983.

31. Cheng S, Vasan, RS. Advances in the epidemiology of heart failure and left ventricular remodeling. *Circulation* 2011;124(20), 516-519.
32. Cherkas LF, Carter L, Spector TD, Howell KJ, Black CM, MacGregor AJ. Use of thermographic criteria to identify Raynaud's phenomenon in a population setting, *Journal of Rheumatology* 2003; 30, 720–722.
33. Chudecka M, Lubkowska A. The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature. *Human movement*, 2012;13(1), 33-39.
34. Coats AJS: Clinical utility of exercise training in chronic systolic heart failure. *Nat Rev Cardiol* 2011; 8: 380-392.
35. Čoh M, Širok B. Use of the thermovision method in sport training. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*, 2007;5(1), 85-94.
36. Conraads VM, Beckers P, Vaes J, Viviane Van Hoof MM, Maeyer CD, Possemiers N, Wuyts FL, Vrints CJ. Combined endurance/resistance training reduces NT-proBNP levels In patients with chronic heart failure. *Eur Heart J* 2004; (25), 1797-805.
37. Cook G., Burton L., Hoenboom B.: Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment function – Part 2. *NAJSPT* 2006; 1:132-139.
38. Cook G., Burton L., Hoenboom B.: The use of fundamental movements as an assessment of function – Part 1. *NAJSPT*, 2006; 1:62-72.
39. Corra U, Mezzani A, Bosimini E, Giannuzzi P. Cardiopulmonary Exercise Testing and Prognosis in Chronic Heart Failure. A Prognosticating Algorithm for the Individual Patient. *Chest Journal* 2004; 126(3), 942-950.
40. Cowie MR AS, Cleland JGF, Felker GM, Filippatos G, Jaarsma T, Jourdain P, Knight E, Massie B, Ponikowski P, Lopez-Sendon J. Improving care for patients with acute heart failure: before, during and after hospitalisation. *ESC Heart Failure* 2014;1:110-45.
41. Cowie MR, Wood DA, Coats AJS, Thompson SG, Suresh V, Poole-Wilson PA, Sutton GC. Survival of patients with a new diagnosis of heart failure: a population based study. *Heart* 2000; 83(5), 505-510.

42. Cui J, Arbab-Zadeh A, Prasad A, Durand S, Levine BD, Crandall CG. Effects of heat stress on thermoregulatory responses in congestive heart failure patients. *Circulation*, 2005; 112(15), 2286-2292.
43. Cui J, Boehmer JP, Blaha C, Lucking R, Kunselman AR, Sinoway LI. Chronic heart failure does not attenuate the total activity of sympathetic outflow to skin during whole-body heating. *Circ Heart Fail*, 2013;6:271–8.
44. Cumming GR, Boryski LM. Criteria for maximum oxygen uptake in men over 40 in a population survey. *Med Sci Spor Exerc* 1972;(14),18-22.
45. Czech M, Opolski G, Zdrojewski T, Dubiel JS, Wizner B, Bolisęga D, Fryderyk-Łukasik M, Grodzicki T. The costs of heart failure in Poland from the public payer's perspective. *Kardiol Pol.* 2013; 71(3), 224-232.
46. Dunlay SM, Manemann SM, Chamberlain AM, Cheville AL, Jiang R, Weston SA, Roger VL. Activities of daily living and outcomes in heart failure. *Circulation: Heart Failure*, 2015; 8(2), 261-267.
47. Ebner N, Sliziuk V, Scherbakov N, Sandek A. Muscle wasting in ageing and chronic illness. *ESC heart failure*, 2015; 2(2), 58-68.
48. Einstein AJ, Shaw LJ, Hirschfeld C, Williams MC, Villines TC, Better N, Vitola JV, Cerci R, Dorbala S, Raggi P, Choi AD, Lu B, Sinitsyn V, Sergienko V, Kudo T, Nørgaard BL, Maurovich-Horvat P, Campisi R, Milan E, Louw L, Allam AH, Bhatia M, Malkovskiy E, Goebel B, Cohen Y, Randazzo M, Narula J, Pascual TNB, Pynda Y, Dondi M, Paez D, INCAPS COVID Investigators Group. *Journal of the American College of Cardiology*, 2021;77(2), 173-185.
49. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA, Carmona PMG, Cano SP, García-Concepción, MÁ, Sillero-Quintana M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 2015; (71), 28-55.
50. Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Garcia-Concepcion MA, Serrano JR, Gómez-Carmona P, Marins JB. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. *New Stud Athl*, 2014; 29(1), 57-71.
51. Fröhlich M, Ludwig O, Kraus S, Felder H. Changes in skin surface temperature during muscular endurance indicated strain-an explorative study. *International Journal of Kinesiology & Sports Science* 2014; 2(3), 23-27.
52. Fülster S, Tacke M, Sandek A, Ebner N, Tschöpe C, Doehner W, Anker S, Von Haehling S. Muscle wasting in patients with chronic heart failure: results from the

- studies investigating co-morbidities aggravating heart failure (SICA-HF). *European heart journal*, 2012; 34(7), 512-519.
53. Georgantas AS, Dimopoulos A, Tasoulis E, Karatzanos C, Patsios V, Agapitou A, Ntalianis P, Roditis J, Terrovitis S, Nanas S. Beneficial effects of combined exercise training on early recovery cardiopulmonary exercise testing indices in patients with chronic heart failure, *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev.* 2014; 34 (6) 378–385.
 54. Gierczyński J, Gryglewicz J, Karczewicz E, Zalewska H. Niewydolność serca - analiza kosztów ekonomicznych i społecznych. In: Lazarski I, Instytut Zarządzania W Ochronie Zdrowia, ed., 2013.
 55. Gierlaszyńska K, Pudło R, Jaworska I, Byrczek-Godula K, Gąsior M. Tools for assessing quality of life in cardiology and cardiac surgery. *Kardiochirurgia i torakochirurgia polska= Polish journal of cardio-thoracic surgery*, 2016; 13(1), 78.
 56. Green CP, Porter CB, Bresnahan DR, Spertus JA. Development and evaluation of the Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire: a new health status measure for heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 2000; 35(5), 1245-1255.
 57. Green DJ, Maiorana AJ, Siong JH, Burke V, Erickson M, Minson CT, Bilborough W, O'Driscoll G . Impaired skin blood flow response to environmental heating in chronic heart failure. *Eur Heart J*, 2006;27:338–43.
 58. Greenfield LJ, Rajagopalan S, Olin JW. Upper extremity arterial disease. *Cardiol Clin.* 2002 Nov;20(4):623-31.
 59. Griffin MJ, O'Sullivan JJ, Scott A, Maurer BJ Core and peripheral temperature response to exercise in patients with impaired left ventricular function. *Heart* 1993;69:388-390.
 60. Grześkowiak J, Wieliński, D. Wykorzystanie testu Fullerton Functional Fitness do badania ryzyka upadków u osób w podeszłym wieku. *Antropomotoryka* 2008;18(44), 85-90.
 61. Hawwa N, Vest AR, Kumar R, Lahoud R, Young JB, Wu Y, Gorodeski EZ, Cho L. Comparison between the Kansas City cardiomyopathy questionnaire and New York heart association in assessing functional capacity and clinical outcomes. *Journal of Cardiac Failure*, 2017;23(4), 280-285.

62. Hendrican MC, McKelvie RS, Smith T, McCartney N, Pogue J, Teo KK, Yusuf S. Functional capacity in patients with congestive heart failure. *Journal of cardiac failure*, 2000; 6(3), 214-219.
63. Heo S, Moser DK, Riegel B, Hall LA, Christman N. Testing the psychometric properties of the Minnesota living with heart failure questionnaire. *Nurs Res*. 2005;54:265–72.
64. Hildebrandt C, Christian R, Kurt A. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors* 2010; 10(5), 4700-4715.
65. Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ, Raschner C. The application of medical infrared thermography in sports medicine 2012 in: *An international perspective on topics in sports medicine and sports injury*, 534.
66. Holland GJ, Tanaka K, Shigematsu R, Nakagaichi M. Flexibility and physical functions of older adults: a review. *J Aging Phys Activity* 2002; 10, 169-206.
67. Hollriegel R, Winzer EB, Linke A, Adam V, Mangner N, Sndri M, Bowen TS, Hambrecht R, Schuler G, Erbs S. Long-term exercise training in patients with advanced chronic heart failure: Sustained benefits on left ventricular performance and exercise capacity. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2016; 36: 117–124.
68. Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, WU YT, Yang WS. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *Journal of vascular surgery*, 2001; 54(4), 1074-1080.
69. Hülsmann M, Quittan M, Berger R, Crevenna R, Springer C, Nuhr M, Moser P, Pacher R. Muscle strength as a predictor of long-term survival in severe congestive heart failure. *European Journal of Heart Failure*, 2004; 6(1), 101-107.
70. Izawa KP, Watanabe S, Osada N, Kasahara Y, Yokoyama H, Hiraki K, Morio Y, Yoshioka S, Oka K, Omiya K. Handgrip strength as a predictor of prognosis in Japanese patients with congestive heart failure. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 2009; 16(1), 21-27.
71. Izawa KP, Watanabe S, Yokoyama H, Hiraki K, Morio Y, Oka K, Osada N, Omiya K. Muscle strength in relation to disease severity in patients with congestive heart failure. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 2007; 86(11), 893-900.

72. Jankowska EA, Wegrzynowska K, Superlak M, Nowakowska K, Lazarczyk M, Biel B, Kustrzycka-Kratochwil D, Piotrowska K, Banasiak W, Wozniowski M, Ponikowski P. The 12-week progressive quadriceps resistance training improves muscle strength, exercise capacity and quality of life in patients with stable chronic heart failure. *International journal of cardiology*, 2008; 130(1), 36-43.
73. Jankowska-Polańska B, Uchmanowicz I. Wielolekowości, choroby współistniejące i upadki u chorych z przewlekłą niewydolnością serca w wieku podeszłym. *Geriatrics*. 2014; 8: 184-195.
74. Jaworski Ł, Siondalski P, Jarmoszewicz K, Rogowski J. Arm temperature distribution in thermographic pictures after radial artery harvesting for coronary bypass operation. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 2007; 6(5), 598-602.
75. Jones J, Rikli E. Measuring functional fitness of older adults. *Journal Active Aging*, March-April. 2002; 24–30.
76. Joseph SM, Novak E, Arnold SV, Jones PG, Khattak H, Platts AE, Davila-Roman V, Mann D, Spertus JA. Comparable performance of the Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire in patients with heart failure with preserved and reduced ejection fraction. *Circulation: Heart Failure*, 2013 6(6), 1139-1146.
77. Karlsdottir AE, Foster C, Porcari JP, Palmer-McLean K, White-Kube R, Backes RC. Hemodynamic Responses During Aerobic and Resistance Exercise, *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 2002; 22(3), 170-177.
78. Kenney WL, Johnson JM, Control of skin blood flow during exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992; (24), 303–312.
79. Klecha A, Bacior B, Styczkiewicz K, Kawecka-Jaszcz K. Trening fizyczny u chorych w podeszłym wieku z przewlekłą niewydolnością serca. *Choroby Serca i Naczyń* 2007;4(2),78-82)
80. Klempfner R, Tzur B, Sabbag A, Nahshon A, Gang N, Hay I, Kamerman T, Hod H, Goldenberg I, Rott D. Participation in an Exercise-Based Cardiac Rehabilitation Program and Functional Improvement of Heart Failure Patients with Preserved Versus Reduced Left Ventricular Systolic Function. *Isr Med Assoc J.* 2018 Jun;20(6):358-362.
81. Kocur P, Deskur-Smielecka E, Wilk M, Dylewicz P. Effects of Nordic walking training on exercise capacity and fitness in men participating in early, short-term inpatient cardiac rehabilitation after an acute coronary syndrome – a controlled

- trial. *Clin Rehabil.* 2009;23(11):995-1004.
82. Korman P, Straburzyńska-Lupa A, Kusy K, Kantanista, A, Zieliński J. Changes in body surface temperature during speed endurance work-out in highly-trained male sprinters. *Infrared Physics & Technology*, 2016;78, 209-213.
 83. Korman P, Zieliński J, Kusy K, Straburzyńska-Lupa A. Possible uses of infrared thermography in sport. *Trends in Sport Sciences* 2016; 23(2), 57-62.
 84. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: a review. *Infrared Physics & Technology*,2012; 55(4), 221-235.
 85. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf FA, Foster E, Goldstein SA, Kuznetsowa T, Lancellotti P, Muraru D, Picard MH, Rietzschel ER, Rufski L, Spencer KT, Tsang W, Voigt JU. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal-Cardiovascular Imaging* 2015; 16(3), 233-271.
 86. Langhammer B, Stanghelle JK. Senior fitness test; a useful tool to measure physical fitness in persons with acquired brain injury. *Brain Inj.* 2019;33(2):183-188.
 87. Laoutaris ID, Vasiliadis IK, Dritsas A, Mavrogeni S, Kallistratos MS, Manginas A, Chaidaroglou A, Degiannis D, Demosthenes B.Panagiotakos DB, Cokkinos DV. High plasma adiponectin is related to low functional capacity in patients with chronic heart failure. *International journal of cardiology*, 2010; 144(2), 230-231.
 88. Lavie CJ, Ozemek C, Carbone S, Katzmarzyk PT, Blair SN. Sedentary behavior, exercise, and cardiovascular health. *Circulation research*, 2019;124(5), 799-815.
 89. Lee PG, Cigolle C, Blaum C. The co-occurrence of chronic diseases and geriatric syndromes: The Health and Retirement Study. *Journal of the American Geriatrics Society*,2009; 57(3), 511-516.
 90. Lena A, Anker MS, Springer J. Muscle Wasting and Sarcopenia in Heart Failure—The Current State of Science. *International Journal of Molecular Sciences*, 2020;21(18), 6549.
 91. Lipiec P, Bąk J, Braksator W, Fijałkowski M, Gackowski A, Gąsior Z, Kasprzak JD, Klisiewicz A, Kowalski M, Kukulski T, Mizia-Stec K, Płońska-Gościńskiak E, Pruszczyk P, Sobkowicz B, Szymański P, Szyszka A, Trojnarcka O, Wysokiński A, Hoffman P. Transthoracic echocardiography in adults-guidelines of the Working

- Group on Echocardiography of the Polish Cardiac Society. *Kardiologia polska*, 2018;76(2), 488-493.
92. Lipkin DP, Jones DA, Round JM, Poole-Wilson PA. Abnormalities of skeletal muscle in patients with chronic heart failure. *Int J Cardiol* 1988; 18: 187-95.
 93. Lo, AX, Donnelly JP, McGwin Jr G, Bittner V, Ahmed A, Brown, CJ. Impact of gait speed and instrumental activities of daily living on all-cause mortality in adults \geq 65 years with heart failure. *The American journal of cardiology*, 2015; 115(6), 797-801.
 94. Loncar G, Fülster S, Von Haehling S, Popovic, V. Metabolism and the heart: an overview of muscle, fat, and bone metabolism in heart failure. *International journal of cardiology*, 2013; 162(2), 77-85.
 95. Ludwig N, Trecroci A, Gargano M, Formenti D, Bosio A, Rampinini E, et al. Thermography for skin temperature evaluation during dynamic exercise: a case study on an incremental Maxima test in elite male cyclists. *Appl Opt*. 2016;55:D126. A.
 96. Maiorana AJ, Naylor LH, Exterkate A, Swart A, Thijssen DHJ, Lam K, O'Driscoll G, Green DJ. The impact of exercise training on conduit artery wall thickness and remodeling in chronic heart failure patients. *Hypertension*, 2011; 57(1), 56-62.
 97. Manginas A, Andreanides E, Leontiadis E, Sfyarakis P, Maounis T, Degiannis D, Alivizatos PA, Cokkinos DV. Right ventricular endocardial thermography in transplanted and coronary artery disease patients: first human application. *The Journal of Invasive Cardiology* 2010; 22(9), 400-404.
 98. Maniecka-Bryła I, Bryła M, Bryła P, Pikala M. The burden of premature mortality in Poland analysed with the use of standard expected years of life lost. *BMC Public Health*. 2015 Feb 7;15:101.
 99. Mapelli M, Salvioni E, Bonomi A, Gugliandolo P, De Martino F, Vignati C, Berna G, Agostoni P. How patients with heart failure perform daily life activities: an innate energy-saving strategy. *Circulation: Heart Failure*, 2020; 13(11), e007503.
 100. Merla A, Iodice P, Tangherlini A, De Michele G, Di Romualdo S, Saggini R, Romani GL. Monitoring skin temperature in trained and untrained subjects throughout thermal video. *Conf Proc IEEE Eng Biol Soc*. 2005; 2:1684-1686.
 101. Merla A, Mattei PA, Donato DL, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Annals of biomedical engineering*, 2010; 38(1), 158-163.

102. Mezzani A, Agostoni P, Cohen-Solal A, Corra U, Jegier A, Kouidi E, Mazic S, Meurin P, Piepoli M, Simon A, Laethem C, Vanhees L. Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 2009; 16(3), 249-267.
103. Mitchell J.H., K. Wildenthal, Static (isometric) exercise and the heart: physiological and clinical considerations, *Annu. Rev. Med.* 1972; 25: 369–381.
104. Mohammed HG, Shabana AM. Effect of cardiac rehabilitation on cardiovascular risk factors in chronic heart failure patients. *Egypt Heart J.* 2018 Jun;70(2):77-82.
105. Mroszczyk-McDonald A, Savage PD, Ades PA. Handgrip strength in cardiac rehabilitation: normative values, interaction with physical function, and response to training. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 2007; 27(5), 298-302.
106. Napier R, McNulty SE, Eton DT, Redfield MM, AbouEzzedine O, Dunlay SM. Comparing measures to assess health-related quality of life in heart failure with preserved ejection fraction. *JACC: Heart Failure*, 2018;6(7), 552-560.
107. Niewydolność Serca w Polsce Realia, Koszty, Sugestie poprawy sytuacji, rok wydania grudzień 2020, opracowanie raportu: INNOWO, <https://innowo.org/pl/publikacje-zdrowie/250>
108. Oja P, Tuxworth B. Eurofit for adults. Assessment of health-related fitness. Strasbourg: Council of Europe-UKK Institute, Tampere; 1995.
109. Opasich C, Pinna GD, Mazza A, Febo O, Riccardi R, Riccardi PG, Capomolla S, Forni G, Cobelli F, Tavazzi, L. Six-minute walking performance in patients with moderate – to severe heart failure. *Eur Heart J* 2001; (22), 488-96.
110. Park SY, Lee IH. Effects on training and detraining on physical function, control of diabetes and anthropometrics in type 2 diabetes; a randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract.* 2015;31(2):83-88.
111. Passino C, Poletti R, Bramanti F, Prontera C, Clerico A, Emdin, M. Neuro-hormonal activation predicts ventilatory response to exercise and functional capacity in patients with heart failure. *European journal of heart failure*, 2006; 8(1), 46-53.

112. Pescatello LS, Mack GW, Leach CN Jr, Nadel ER. Thermoregulation in mildly hypertensive men during beta-adrenergic blockade. *Med Sci Sports Exerc*, 1990; 22:222–228.
113. Peterson D, Govindasamy D, Vidmar M, Cunningham D, Koval J. Longitudinal study of determinants of dependence in an elderly population. *Journal of American Geriatrics Society*, 2004; 52: 1632-1638.
114. Piepoli MF, Guazzi M, Boriani G, Cicoira M, Corrá, U, Libera LD, Emidin M, Mele D, Passino C, Vescovo G, Vigorito C, Villani G, Agostoni P. Working Group ‘Exercise Physiology, Sport Cardiology and Cardiac Rehabilitation’ of the Italian Society of Cardiology (Italian Federation of Cardiology). Exercise intolerance in chronic heart failure: mechanisms and therapies. Part II. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2010;17(6), 643-648.
115. Piepoli MF, Guazzi M, Boriani G, Cicoira M, Corrá, U, Libera LD, Emidin M, Mele D, Passino C, Vescovo G, Vigorito C, Villani G, Agostoni P. Working Group ‘Exercise Physiology, Sport Cardiology and Cardiac Rehabilitation’ of the Italian Society of Cardiology (Italian Federation of Cardiology). Exercise intolerance in chronic heart failure: mechanisms and therapies. Part I. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2010;17(6), 637-642.
116. Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, Albus C, Brotons C, Catapano AL, Cooney MT, Corra U, Cosyns B, Deaton C, Graham I, i wsp. Wytyczne ESC dotyczące prewencji chorób układu sercowo-naczyniowego w praktyce klinicznej w 2016 roku. *Kardiologia Polska*, 2016; 74(9), 821-936.
117. Pina IL, Apstein CS, Balady GJ, Belardinelli R, Chaitman BR, Duscha BD, Fletcher BJ, Fleg JL, Myers JN, Sullivan MJ. Exercise and heart failure: A statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention. *Circulation* 2003, 107: 1210-1225.
118. Piotrowicz R, Jagier A, Szalewska D, Wolszakiewicz J, Piotrowicz E, Smolis-Bąk E i wsp. Rekomendacje w zakresie realizacji kompleksowej rehabilitacji kardiologicznej: stanowisko Ekspertów Sekcji Rehabilitacji Kardiologicznej i Fizjologii Wysiłku Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego, 2017 AsteriaMed Wydawnictwo.
119. Płotka A, Prokop E, Migaj J, Straburzyńska–Migaj E, Grajek S. Patients’ knowledge of heart failure and their perception of the disease. *Patient preference and adherence*, 2017; 11: 1459-1467.

120. Ponikowski P, Anker S, AlHabib K, Cowie MR, Force TL, Hu S, Jaarsma T, Krum H, Rastogi V, Rohde LE, Samal UC, Shimokawa H, Siswanto BB, Silwa K, Fillipatos G. Heart failure: preventing disease and death worldwide. *ESC heart failure*, 2014; 1(1), 4-25.
121. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JG, Coats AJ, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European journal of heart failure* 2016; 18(8), 891-975.
122. Rector TS, Kubo SH, Cohn JN. Patients' self-assessment of their congestive heart failure. Part 2: Content, reliability and validity of a new measure, the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire. *Heart Failure*, 1987; 3(5), 198–209.
123. Rengo JL, Savage PD, Barrett T, Ades PA. Cardiac Rehabilitation Participation Rates and Outcomes for Patients With Heart Failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2018 Jan;38(1):38-42.
124. Rich MW. Pharmacotherapy of heart failure in the elderly: adverse events. *Heart Fail Rev* 2012; 17(4-5), 589-95.
125. Rikli R, Jones J. "Assessing physical performance in independent older adults: Issues and guidelines." *Journal of Aging and Physical Activity*, 1997; 5, 244-261.
126. Rikli R, Jones J. "Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94." *Journal of Aging and Physical Activity*, 1999b; 7, 162-181.
127. Rikli R, Jones J. "Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults." *Journal of Aging and Physical Activity*, 1999a; 7, 129-161.
128. Ring EFJ. The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared Physics & Technology*, 2007;49(3), 297-30.
129. Ring EFJ. The history of thermal imaging in the thermal image. *Medicine & Biology* eds. K.Ammer & EFJ.Ring 1995; 13-20.
130. Rosandich T.P. International physical fitness test. „*The Sport Journal*”, 1999; 2.
131. Rostagno C, Gensini GF. Six minute walk test: a simple and useful test to evaluate functional capacity in patients with heart failure. *Intern Emerg Med*. 2008 Sep;3(3):205-12.
132. Różanska-Kirschke A, Kocur P, Wilk M, Dylewicz P. The Fullerton Fitness Test as

- an index of fitness in the elderly. *Reh Med.* 2006; 2: 15-19.
133. Rudnicki S, Piotrowicz R, Dylewicz P: Rehabilitacja kardiologiczna, [w:] *Dzieje Kardiologii w Polsce na tle kardiologii światowej*, J. Kuch, A. Śródka (red), PWN, Warszawa 2004.
 134. Sabbag A, Mazin I, Rott D, Hay I, Gang N, Tzur B, Goldkorn R, Goldenberg I, Israel A. The prognostic significance of improvement in exercise capacity in heart failure patients who participate in cardiac rehabilitation programme. *European journal of preventive cardiology*, 2018; 25(4), 354-361.
 135. Salyer J, Flattery M, Lyon DE. Heart failure symptom clusters and quality of life. *Heart & Lung*, 2019; 48(5), 366-372.
 136. Santana-Sosa E, Barriopedro MI, López-Mojares LM, Pérez M, Lucia A. Exercise training is beneficial for Alzheimer's patients. *Int J Sports Med.* 2008 Oct;29(10):845-50.
 137. Selig SE, Carey MF, Menzies DG, Patterson J, Geerling RH, Williams AD, Bamroongsuk V, Toia D, Krum H, Hare DL. Moderate-intensity resistance exercise training in patients with chronic heart failure improves strength, endurance, heart rate variability, and forearm blood flow. *Journal of cardiac failure*, 2004; 10(1), 21-30.
 138. Simmons GH, Wong BJ, Holowatz LA, et al. Changes in the control of skin blood flow with exercise training: where do cutaneous vascular adaptations fit in? *Exp Physiol.* 2011; 96(9): 822-828.
 139. Simmons GH, Wong BJ, Holowatz LA, Kenney WL. Changes in the control of skin blood flow with exercise training: where do cutaneous vascular adaptations fit in?. *Experimental physiology*, 2011;96(9), 822-828.
 140. Slimani M, Ramirez-Campillo R, Paravlic A, Hayes LD, Bragazzi NL, Sellami M. The Effects of Physical Training on Quality of Life, Aerobic Capacity, and Cardiac Function in Older Patients With Heart Failure: A Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2018;9:1564. Published 2018 Nov 12. doi:10.3389/fphys.2018.01564.
 141. Soriano-Maldonado A, Henriksen M, Segura-Jiménez V, Aparicio VA, Carbonell-Baeza A, Delgado-Fernández M, Amris K, Ruiz JR. Association of Physical Fitness With Fibromyalgia Severity in Women: The al-Ándalus Project. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015 Sep;96(9):1599-605.
 142. Sosnowska-Pasiarska B, Bartkowiak R, Wożakowska-Kapłon B, Opolski G, Ponikowski P, Poloński L, Szełemej R, Juszczak Z, Mirek-Bryniarska E, Drożdż J.

- Population of Polish patients participating in the Heart Failure Pilot Survey (ESC-HF Pilot). *Kardiol Pol.* 2013;71(3):234-40.
143. Stanowski J: Rehabilitacja kardiologiczna w świetle badań własnych. Kraków 1966.
144. Suman-Horduna I, Roy D, Frasure-Smith N, Talajic M, Lespérance F, Blondeau L, Dorian P, Khairy D, AF-CHF Trial Investigators. Quality of life and functional capacity in patients with atrial fibrillation and congestive heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 2013; 61(4), 455-460.
145. Suzuki T, Palus S, Springer J. Skeletal muscle wasting in chronic heart failure. *ESC Heart Fail.* 2018, 5, 1099–1107
146. Swedberg K, Cleland J, Dargie H, Drexler H, Follath F, Komajda ., et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of chronic heart failure: executive summary (update 2005) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Chronic Heart Failure of the European Society of Cardiology. *European heart journal* 2005; 26(11), 1115-1140.
147. Tanda G. Total body skin temperature of runners during treadmill exercise. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2018; 131(2), 1967-1977.
148. Taylor R, Walker S, Ciani O, Warren FC, Smart NA, Piepoli M, Davos CH. Exercise-based cardiac rehabilitation for chronic heart failure: the EXTRAMATCH II individual participant data meta-analysis. *Health Technology Assessment*, 2019; 23(25), p. 1-9.
149. Taylor RS, Walker S, Smart NA, Piepoli MF, Warren FC, Ciani O, Whellan D, O'Connor C, Keteyian SJ, Coats A, Davos CH, Dalal HM, Dracup K, Evangelista LS, Jolly K, Myers J, Nilsson BB, Passino C, Witham MD, Yeh GY, et al.; ExTraMATCH II Collaboration . Impact of exercise rehabilitation on exercise capacity and quality-of-life in heart failure: Individual participant meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2019; 73: 1430–1443.
150. Toth MJ, Shaw AO, Miller MS, VanBuren P, LeWinter MM, Maughan DW, Ades PA. Reduced knee extensor function in heart failure is not explained by inactivity. *International journal of cardiology*, 2010; 143(3), 276-282.
151. Toutouzas K, Benetos G., Drakopoulou M, Bounas P, Tsekoura D, Stathogiannis K, Koutagiar C, Aggeli C, Karanasos A, Panagiotakos D, Siores E, Stefanadis C. Insights from a thermography-based method suggesting higher carotid

- inflammation in patients with diabetes mellitus and coronary artery disease. *Diabetes & metabolism*, 2014; 40(6), 431-438.
152. Toutouzas K, Drakopoulou M, Mitropoulos J, Tsiamis E, Vaina S, Vavuranakis, Virginia Markou M, Bosinakou E, Stefanadis C. Elevated plaque temperature in non-culprit de novo atheromatous lesions of patients with acute coronary syndromes. *Journal of the American College of Cardiology*, 2006; 47(2), 301-306.
 153. Uchmanowicz I, Loboz-Rudnicka M, Jaarsma T, Loboz-Grudzień K. Cross-cultural adaptation and reliability testing of Polish adaptation of the European Heart Failure Self-care Behavior Scale (EHFScBS). *Patient Prefer Adherence*. 2014 Oct 31;8:1521-6.
 154. Urgacz K, Cholewa J, Uher I, Sahin B, Cholewa J. Senior Fitness Test in assessing the effectiveness of motor rehabilitation in the context of Parkinson's disease patients' quality of life. *Physical Activity Review* 2018; 6, 110-116.
 155. Vardasca R, Ring EFJ, Plassmann P, Jones C. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermology International* 2012; 22(2), 53-60.
 156. Von Haehling S, Ebner, dos Santos MR, Springer J, Anker SD. *Muscle wasting and cachexia in heart failure: mechanisms and therapies. Nature Reviews Cardiology*, 2017;14(6), 323–34.
 157. Von Haehling S, Steinbeck L, Doehner W, Springer J, Anker SD. Muscle wasting in heart failure: an overview. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 2013; 45(10), 2257-2265.
 158. Walthall H, Floegel T, Boulton M, Jenkinson C. Patients experience of fatigue in advanced heart failure. *Contemporary nurse*, 2019; 55(1), 71-82.
 159. Wang MH, Yeh ML. Respiratory training interventions improve health status of heart failure patients: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *World Journal of Clinical Cases*. 2019;7(18): 2760.
 160. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY. Principles of exercise testing and interpretation. Lea and Febiger, Philadelphia, PA 1986.
 161. Węgrzynowska-Teodorczyk K, Dąbrowska E, Łazorczyk M, Nowakowska, K, Kowalska-Superlak M, Jankowska EA, Ponikowski P, Banasik W, Woźniowski M. Sprawność fizyczna mężczyzn z niewydolnością serca w porównaniu ze zdrowymi równolatkami. *Physiotherapy/Fizjoterapia*, 2007; 15(3).

162. Węgrzynowska-Teodorczyk K, Rudzińska E, Jankowska E, Grzesło A, Nowakowska K, Łazorczyk M, Banasiak W, Ponikowski P, Woźniewski M. Determinants of physical fitness in males with systolic heart fa. *Kardiologia Polska (Polish Heart Journal)*, 2010; 68(2), 146-154.
163. Wilk M, Kocur P, Różańska A, Przywarska I, Dylewicz P, Owczarski T, Deskur-Śmielecka E, Borowicz-Bieńkowska S. Assessment of the selected physiological effects of Nordic Walking performed as a part of a physical exercise program during the second phase of rehabilitation after a myocardial infarction. *Rehabilitacja Medyczna*, 2005; 9(2), 33-39.
164. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, Gulanick M, Laing ST, Stewart KJ. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: A scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*, 2007; 116: 572–584.
165. Wirta SB, Balas B, Proenca CC, Bailey B, Phillips Z, Jackson J, Cotton S. Perceptions of heart failure symptoms, disease severity, treatment decision-making, and side effects by patients and cardiologists: a multinational survey in a cardiology setting. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 2018; 14, 2265.
166. Wong CY, Chaudhry SI, Desai MM, Krumholz HM. Trends in comorbidity, disability, and polypharmacy in heart failure. *Am J Med*. 2011;124(2):136-143.
167. Woo MA, Palomares JA, Macey PM, Fonarow GC, Harper RM, Kumar R. Global and regional brain mean diffusivity changes in patients with heart failure. *J Neurosci Res*. 2015; 93(4), 678-685.
168. World Health Organization Expert Committee. Rehabilitation after cardiovascular diseases, with special emphasis on developing countries. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1993; 831: 1–122.
169. Wright CI, Kroner CI, Draijer R. Non-invasive methods and stimuli for evaluating the skin microcirculation. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods* 2006; (54), 1-25.
170. Wu JR, Lennie TA, Frazier SK, Moser DK. Health-related quality of life, functional status, and cardiac event-free survival in patients with heart failure. *J Cardiovasc Nurs*. 2016;31(3):236–44.
171. Yee D, Novak E, Platts A, Nassif ME, LaRue SJ, Vader JM. Comparison of the kansas city cardiomyopathy questionnaire and minnesota living with heart failure

- questionnaire in predicting heart failure outcomes. *The American journal of cardiology*, 2019; 123(5), 807-812.
172. Zafrir B. The prognostic value of exercise testing: exercise capacity, hemodynamic response, and cardio-metabolic risk factors. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2017; 1624-1626.
173. Zelis R, Mason DT, Braunwald E. A comparison of the effects of vasodilator stimuli on peripheral resistance vessels in normal subjects and in patients with congestive heart failure. *The Journal of clinical investigation*, 1968; 47(4), 960-970.
174. Zhao Y, Chung PK, Tong TK. Effectiveness of a balance-focused exercise program for enhancing functional fitness of older adults at risk of falling: A randomised controlled trial. *Geriatr Nurs*. 2017; 38(6):491-497.
175. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O and Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise *Annals Biomed. Eng.* 1998; (26), 988–993.