

<sup>1</sup>Poradnia Kardiologiczna NZOZ Jantar w Ostrowie Wielkopolskim

<sup>2</sup>Katedra i Klinika Hipertensjologii, Angiologii i Chorób Wewnętrznych Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

# Trening fizyczny w pierwotnym nadciśnieniu tętniczym

## Physical exercise in primary hypertension

### Summary

An integral part of therapy in arterial hypertension, an important cardiovascular risk factor, is nonpharmacological treatment which includes appropriate physical activity.

Response of the cardiovascular system to physical effort depends on its type (static, dynamic), time of endurance, intensity and amount of involved muscle tissue. In patients with arterial hypertension blood pressure rise is higher than in normotensive subjects. With the progression of the disease there is a rise in values of peripheral vascular resistance, while left ventricle ejection fraction and heart rate gradually decrease. Regular physical effort reduces SBP per 4–8 mm Hg and DBP per 2–6 mm Hg. Through reaching new balance between elements of the autonomic nervous system heart rate in physical effort and while resting is being reduced. In physical effort ejection fraction is rising and left ventricle load is decreased. Increase in coronary flow and regression of left ventricle hypertrophy is observed. This effect is comparable with achieved with antihypertensive treatment.

Following changes mentioned above, physical effort economizes work of the cardiovascular system and allows for more effective oxygen usage with significantly lower load. Regular physical activity has positive influence also on many other factors of cardiovascular risk such as coagulation system parameters, serum lipids profile or insulin resistance.

Patients with arterial hypertension should be advised to perform regular physical effort of moderate intensity for around 30–45 minutes per day. Endurance exercises (walk-

ing, jogging, swimming) are preferred, while resistance exercises should be only an addition. Intensity of advised aerobic training should depend on necessary baseline and repeated thereafter assessment of the state of cardiovascular system and control of the values of blood pressure. If hypertension is not properly controlled the physical effort should be limited until sufficient hypotensive pharmacotherapy is used. Strenuous isometric exercises (i.e. weight lifting) are not recommended. The hypotensive effect achieved with regular physical effort may require appropriate modification of pharmacotherapy.

**key words:** wysiłek fizyczny, leczenie nefarmakologiczne, nadciśnienie tętnicze

*Arterial Hypertension 2012, vol. 16, no 5, pages 271–280.*

### Wstęp

Nadciśnienie tętnicze jest jedną z najczęściej występujących chorób, stanowi jeden z najważniejszych modyfikowalnych czynników ryzyka miażdżycy i związanych z nią chorób układu sercowo-naczyniowego, jak udar mózgu, choroba niedokrwienna serca, choroby tętnic obwodowych oraz powikłań w postaci niewydolności krążenia i niewydolności nerek [1]. Częstość występowania nadciśnienia tętniczego wzrasta w związku ze starzeniem się populacji, niewłaściwą dietą, przyrostem masy ciała i zmniejszoną aktywnością ruchową. Podstawowym celem leczenia nadciśnienia tętniczego jest zmniejszenie zachorowalności i umieralności z powodu udarów mózgu, incydentów wieńcowych i niewydolności serca i w konsekwencji wydłużenie życia.

Leczenie nefarmakologiczne jest nadal niedocenianym elementem kompleksowego leczenia hipo-

Adres do korespondencji:  
prof. dr hab. n. med. Andrzej Tykarski  
Katedra i Klinika Hipertensjologii, Angiologii i Chorób Wewnętrznych  
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu  
ul. Długa 1/2, 61–848 Poznań  
tel.: (61) 854–91–82, faks: (61) 854–90–86  
e-mail: tykarski@o2.pl

 Copyright © 2012 Via Medica, ISSN 1428–5851

tensyjnego. Jedynie około połowę pacjentów informuje się o zaleceniach dotyczących modyfikacji stylu życia, konieczność przewlekłego leczenia utrudnia przestrzeganie reżimu farmakologicznego, nie bez znaczenia są także rosnące koszty leków oraz występowanie objawów ubocznych, pogarszających jakość życia i ograniczających możliwość wyboru farmakoterapii. Modyfikacja stylu życia stanowi integralną część terapii, w niektórych przypadkach może stanowić samodzielną metodę leczenia, jest leczeniem tanim, bezpiecznym i praktycznie pozbawionym działań ubocznych. Spośród metod niefarmakologicznych szczególnie znaczenie ma aktywność ruchowa ze względu na wielokierunkowe działanie, zarówno w zakresie obniżenia ciśnienia tętniczego, jak i korekty zaburzeń hemodynamicznych i metabolicznych towarzyszących nadciśnieniu.

### Reakcja układu krążenia na wysiłek fizyczny

Odpowiedź układu krążenia oraz całego organizmu człowieka na wysiłek fizyczny zależy od:

- rodzaju wysiłku fizycznego — wysiłki statyczne i dynamiczne;
- intensywności wysiłku fizycznego — wysiłki maksymalne i submaksymalne;
- czasu trwania wysiłku fizycznego — krótkotrwały (poniżej 15 min), długotrwały (powyżej 30 min) i o pośrednim czasie trwania (15–30 min);
- ilości zaangażowanej w wykonywany wysiłek masy mięśniowej — wysiłki lokalne (angażujące do 30% masy mięśniowej) i ogólne (powyżej 30% masy mięśniowej) [2].

Kryterium fizjologicznego podziału na wysiłki statyczne i dynamiczne stanowi rodzaj skurczów włókien mięśniowych, dominujący podczas wykonania pracy. Wysiłki dynamiczne są wykonywane przy udziale skurczów izotonicznych, tj. takich, przy których zmienia się długość mięśni, a napięcie nie ulega zmianie (np. przemieszczanie ciała w określonej przestrzeni). Wysiłki statyczne są wykonywane przy udziale skurczów izometrycznych, tj. takich, przy których wzrasta napięcie mięśnia bez zmiany jego długości (np. utrzymywanie ciężaru bez zmiany pozycji ciała) [3].

Jednorazowy wysiłek fizyczny wywołuje reakcje natychmiastowe układu krążenia, które dostosowują jego funkcje do zwiększonego zapotrzebowania metabolicznego organizmu [2].

Zasadnicze różnice w reakcji adaptacyjnej układu krążenia dotyczą przede wszystkim rodzaju stosowanego wysiłku fizycznego (wysiłek statyczny lub dynamiczny) oraz jego intensywności.

W czasie wykonywania wysiłku dynamicznego wzrasta częstotliwość skurczów serca (HR, *heart rate*). Wysiłek maksymalny zwiększa HR do częstości maksymalnej, zależnej od wieku osoby wykonującej wysiłek fizyczny. Można ją obliczyć w przybliżeniu według wzoru  $HR_{max} = 220 - \text{wiek}$  (w latach), wykazuje ona niewielkie stałe obniżanie się o około 1 uderzenie/rok począwszy od 10.–15. rż.

Objętość wyrzutowa (SV, *stroke volume*) w czasie wysiłku maksymalnego wzrasta od średniej wartości spoczynkowej około 70–80 ml w pozycji siedzącej do wartości około 100–160 ml, w zależności od stopnia wytrenowania organizmu. U osób niewytrenowanych wzrost ten jest liniowy do wartości 40–60%  $VO_{2max}$ , a następnie utrzymuje się na stałym poziomie.

Pojemność minutowa (CO, *cardiac output*) osiąga maksymalną wartość 20–40 l/min. Jest ona uzależniona od wzrostu i masy ciała, płci i stanu wytrenowania organizmu. Wysiłki o niewielkiej i umiarkowanej intensywności zwiększają CO w wyniku zarówno zwiększenia HR, jak i wzrostu SV. Gdy intensywność wysiłku przewyższa 40–60%  $VO_{2max}$  SV stabilizuje się i dalszy wzrost CO do wysiłku maksymalnego odbywa się kosztem zwiększenia HR.

Całkowity opór obwodowy obniża się do około 25% wartości spoczynkowej, skurczowe ciśnienie tętnicze wzrasta do około 220–230 mm Hg [2], wyższe wartości ciśnienia są obserwowane u osób starszych ze zmniejszoną podatnością naczyń tętniczych oraz u części młodych osób z nadmierną odpowiedzią presyjną, zwłaszcza w czasie wysiłku maksymalnego, u których może ona stanowić marker zwiększonego ryzyka rozwoju nadciśnienia tętniczego w przyszłości [4]. Kontrolę odpowiedzi ciśnieniowej na każdym stopniu obciążenia umożliwia wzór Hecka lub reguła Rosta [2]. Wzór Hecka określa maksymalną wartość skurczowego ciśnienia tętniczego dla określonego obciążenia:  $RR_{sys} \text{ (mm Hg)} = 147 + 0,334 \times \text{moc (W)} + 0,31 \times \text{wiek (w latach)}$ . Reguła Rosta ustala górną granicę wysiłkowego ciśnienia skurczowego do 200 mm Hg u ludzi zdrowych przy obciążeniach określanych w watach, mniejszych od różnicy  $200 - \text{wiek badanego}$  (w latach). Wartość rozkurczowego ciśnienia tętniczego w czasie wysiłku fizycznego nie ulega istotnym zmianom, zazwyczaj nie przekracza 90 mm Hg, ale może występować niewielkie zwiększenie bądź zmniejszenie ciśnienia w zależności od indywidualnej reakcji organizmu [2]. Wysiłek fizyczny powoduje także wzrost przepływu krwi w pracujących mięśniach, krążeniu wieńcowym i płucnym.

Po zakończeniu wysiłku następuje szybki spadek HR, SV i CO, a ciśnienie tętnicze obniża się poniżej wartości przedwysiłkowej: skurczowe średnio około 7–10 mm Hg, rozkurczowe średnio około 6–9 mm Hg [5].

Powysiłkowy spadek ciśnienia tętniczego może utrzymywać się przez kilka godzin, stopień tej reakcji nie zależy od intensywności i czasu trwania treningu.

Wysiłek statyczny wywołuje odmienne i nieproporcjonalne do zapotrzebowania tlenowego reakcje układu krążenia. Wzrasta HR, zaś SV zwiększa się nieznacznie się podczas lekkiego wysiłku i ulega zmniejszeniu przy wysiłku intensywnym.

Pojemność minutowa (CO) zachowuje się różnie: może wzrastać, nie zmieniać się lub nawet zmniejszać pomimo zwiększenia HR. Skurczowe ciśnienie tętnicze może osiągać wartości powyżej 350 mm Hg, a ciśnienie rozkurczowe powyżej 200 mm Hg [3]. Całkowity opór obwodowy naczyń nie zmniejsza się, a czasem nawet wzrasta, szczególnie po wysiłku intensywnym. Po zakończeniu wysiłku może wystąpić spadek ciśnienia tętniczego poniżej wartości wyjściowych.

### **Nadciśnienie tętnicze a wysiłek fizyczny**

U pacjentów z nadciśnieniem tętniczym reakcje układu krążenia są podobne jak u osób zdrowych, różnice wynikają przede wszystkim z zaburzeń hemodynamicznych występujących już w spoczynku i zależnych od stopnia rozwoju choroby. Wczesny okres nadciśnienia tętniczego, zwłaszcza u ludzi młodych, może mieć postać „hiperkinetyczną” — ze zwiększeniem częstotliwości rytmu serca i pojemności minutowej, bez zwiększenia oporu obwodowego. Wysiłek fizyczny powoduje proporcjonalny wzrost obu parametrów, jednak wyższe wartości wyjściowe powodują, że bezwzględne wartości ciśnienia podczas porównywalnych obciążeń są znacznie wyższe niż u osób zdrowych. Hipertoniczna reakcja ciśnienia tętniczego może także być pośrednim wykładnikiem nieskuteczności leczenia farmakologicznego. Dalszy rozwój nadciśnienia przebiega ze wzrostem oporu obwodowego, spowodowanym zarówno zwiększeniem napięcia mięśni gładkich ścian naczyń na skutek aktywacji współczulnej, zwiększonym wydzielaniem związków presyjnych (angiotensyna, wazopresyna), spadkiem wydzielania wazodylatorów (tlenek azotu, peptydy natriuretyczne), jak i anatomicznym przerzedzeniem naczyń, natomiast częstotliwość rytmu serca i pojemność minutowa powracają do wartości prawidłowych. Z powodu zmniejszonej podatności mięśnia sercowego nie jest możliwy adekwatny wzrost zarówno SV, jak i CO, której wartość może być niższa w porównaniu z osobami zdrowymi podczas wysiłku z takim samym obciążeniem. U części chorych nie stwierdza się powysiłkowego spadku ciśnienia tętniczego, u innych spadek ciśnienia jest większy w porównaniu z osobami zdrowymi.

### **Regularny wysiłek fizyczny a układ krążenia**

Większa aktywność fizyczna wiąże się niższymi wartościami ciśnienia tętniczego, natomiast siedzący tryb życia sprzyja rozwojowi nadciśnienia oraz powikłaniom sercowo-naczyniowym. Regularny trening aerobowy powoduje umiarkowane obniżenie ciśnienia tętniczego, skurczowego o 4–8 mm Hg i rozkurczowego o 2–6 mm Hg, we wszystkich grupach wiekowych [6, 7], przy czym efekt ten jest najsilniej wyrażony u pacjentów z nadciśnieniem łagodnym i umiarkowanym [8]. Jako mechanizmy odpowiedzialne za działanie hipotensyjne wymienia się zmniejszenie stężenia noradrenaliny [9, 10] oraz zwiększenie produkcji tlenku azotu (NO) i nasilenie zależnej od śródbłonna wazodylatacji [11]. Regularna aktywność fizyczna stanowi także źródło wydatkowania energii i sprzyja redukcji wagi, co może dawać dodatkowy efekt hipotensyjny [12–15]. Korzystny wpływ leczenia hipotensyjnego na zmniejszenie częstości incydentów sercowo-naczyniowych wynika przede wszystkim z obniżenia ciśnienia tętniczego. Obniżenie rozkurczowego ciśnienia tętniczego o 5 mm Hg wiąże się z 34-procentowym spadkiem liczby udarów mózgu i 21-procentową redukcją częstości występowania choroby wieńcowej. Dalsze obniżenie rozkurczowego ciśnienia tętniczego o 10 mm Hg zmniejsza o 56% liczbę udarów mózgu i redukuje częstość występowania choroby wieńcowej o 37% [1]. Można zatem przypuszczać, że uzyskanie wartości ciśnienia tętniczego w zakresie podobnym do obserwowanych w badaniach dotyczących farmakoterapii będzie dawać podobną poprawę przeżywalności i redukcję incydentów sercowo-naczyniowych jak leczenie farmakologiczne.

Regularny wysiłek fizyczny ekonomizuje pracę układu krążenia. Zmiany dotyczą zarówno parametrów spoczynkowych, jak i wysiłkowych, a ich efektem jest znacznie lepsze wykorzystanie tlenu przy istotnie mniejszym obciążeniu układu krążenia. Zmniejsza się spoczynkowa HR i wysiłkowa HR podczas wysiłków submaksymalnych, poprawia się również powysiłkowy powrót HR do wartości wyjściowych. Podstawowym mechanizmem odpowiedzialnym za zmiany HR jest korzystna modyfikacja równowagi w układzie autonomicznym — zmniejszenie aktywności składowej współczulnej i zwiększenie napięcia składowej przywspółczulnej. Wzrasta spoczynkowa i wysiłkowa SV. Spoczynkowa CO ulega nieznacznemu obniżeniu, głównie z powodu zmniejszenia HR, wzrasta natomiast wysiłkowa pojemność minutowa, dzięki wzrostowi objętości wyrzutowej. Zmniejsza się spoczynkowy wskaźnik

sercowy (CI, *cardiac index*, iloraz pojemności minutowej i powierzchni ciała,) spowodowany zwiększeniem zdolności ekstrakcji tlenu z krwi przez mięśnie, w których regularny trening fizyczny powoduje wzrost aktywności enzymów oksydacyjnych i metabolizmu mitochondriów oraz zmiany w strukturze sarkomerów.

Wysiłkowy wzrost ciśnienia skurczowego (SBP, *systolic blood pressure*) nie ulega zmianie, ale zmniejsza się podwójny produkt (DB, *double product*, iloczyn szczytowego SBP i szczytowego HR) dzięki redukcji wysiłkowej częstości skurczów serca. Podwójny produkt jest pośrednią miarą zapotrzebowania mięśnia sercowego na tlen, jego wartość zmniejsza się gdy dana CO zostaje osiągnięta przy mniejszej HR. Zmniejsza się zatem obciążenie serca podczas wysiłków submaksymalnych i zużycie tlenu przez mięsień sercowy. Pod wpływem regularnego treningu fizycznego dochodzi także do wzrostu średnicy tętnic wieńcowych oraz pobudzenia procesu angiogenezy i rozwoju krążenia obocznego, co powoduje spadek oporu w łożysku wieńcowym i wzrost przepływu wieńcowego [3]. U pacjentów z przerostem lewej komory regularna aktywność fizyczna zmniejsza masę lewej komory w podobnym zakresie jak leczenie farmakologiczne [16, 17].

Systematyczny trening powoduje pojawienie się w pracujących mięśniach nowych naczyń mikrokrążenia, co zmniejsza opór naczyniowy, zwiększa przepływ w łożysku mięśniowym i znacznie ułatwia dyfuzję tlenu do pracujących miocytów [18].

### Wysiłek fizyczny a czynniki ryzyka sercowo-naczyniowego

Regularny trening aerobowy poprawia parametry krzepnięcia, redukuje spoczynkową i powysiłkową adhezję i agregację płytek krwi [19] oraz zmniejsza stężenie inhibitora aktywatora plazminogenu i zwiększa aktywność fibrynolityczną osocza [20]. Zmniejsza się także aktywność monocytów, produkcja aterogennych cytokin oraz CRP [21].

Wysiłek fizyczny powoduje również korzystne, zarówno ilościowe, jak i jakościowe zmiany w profilu lipoprotein osocza krwi, związane ze zmniejszeniem insulinooporności oraz modyfikacją aktywności enzymów biorących udział w przemianach tłuszczowych. Występują one zwłaszcza po długotrwałym wykonywaniu ćwiczeń fizycznych, ale także po wysiłku jednorazowym i zależą od jego intensywności oraz od łącznego obciążenia w danym przedziale czasowym. Zmniejsza się stężenie całkowitych lipoprotein i frakcji VLDL, zmniejsza się stężenie LDL oraz wzrasta wielkość cząsteczek lipoprotein w tej frakcji.

Zwiększenie intensywności wysiłku fizycznego nasila opisane zmiany i dodatkowo zwiększa stężenie HDL oraz wielkość cząsteczek tej frakcji [22].

### Metody oceny wydolności fizycznej i intensywności wysiłku fizycznego

Najczęściej stosowanym wyznacznikiem wydolności fizycznej jest wartość maksymalnego pobierania tlenu ( $VO_{2max}$ ). Wartość ta, czyli pułap tlenowy, oznacza maksymalną ilość tlenu, jaką może pobrać organizm w czasie jednej minuty. Zwykle jest wyrażony w ml/kg mc./min, można go zmierzyć metodami bezpośrednimi lub pośrednimi. W metodzie bezpośredniej oblicza się przy wykorzystaniu specjalnych systemów pomiarowych ilość tlenu pochłoniętego w czasie oddychania podczas wysiłku fizycznego. Pośrednie metody oceny pułapu tlenowego opierają się na liniowej zależności pomiędzy poborem tlenu a częstością rytmu serca, z użyciem nomogramów Astranda-Rhyming [23].

Inną metodą oceny wydolności fizycznej jest wyznaczenie progu mleczanowego (LT, *lactate threshold*) poprzez badanie stężenia mleczanów we krwi pobieranej w trakcie próby wysiłkowej o stopniowo wzrastającej intensywności lub metodą nieinwazyjną, badając wentylację minutową i ilość wydychanego dwutlenku węgla (próg wentylacyjny).

Najbardziej dokładną i precyzyjną metodą oceny wydolności wysiłkowej jest wysiłkowy test ergospirometryczny, który łączy klasyczny test wysiłkowy z analizą gazów wydechowych.

Intensywność wysiłku fizycznego (wysiłek maksymalny i submaksymalny) określa się ilościowo jako procent maksymalnej częstości HR, procent maksymalnej zdolności pobierania tlenu ( $\%VO_{2max}$  lub  $\%MET$ ), procent zdolności pobierania tlenu na szczycie wysiłku ( $\%VO_{2peak}$  lub  $\%MET_{peak}$ ), liczbę watów (W) i/lub stopień odczucia obciążenia wysiłkiem według skali Borga.

Dla celów rehabilitacji najczęściej stosowanym parametrem jest procent maksymalnej zdolności pobierania tlenu ( $\%VO_{2max}$ ). Podczas wysiłku maksymalnego zapotrzebowanie na tlen jest równe pułapowi tlenowemu, przy wysiłkach submaksymalnych zapotrzebowanie na tlen jest niższe niż pułap tlenowy.

### Stopień wytrenowania a ryzyko zgonu u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym

Brak sprawności fizycznej jest silnym czynnikiem prognostycznym umieralności z przyczyn sercowo-

naczyniowych, niezależnym od ciśnienia tętniczego i innych czynników ryzyka [24]. W analizie Kokkinosa i wsp. [25] grupy ponad 4 i pół tysiąca mężczyzn z nadciśnieniem tętniczym wykazano odwrotną, stopniowaną zależność między stopniem wytrenowania fizycznego a ryzykiem zgonu. Parametr ten był silniejszym predyktorem ryzyka zgonu z wszystkich przyczyn niż inne znane czynniki ryzyka po skorygowaniu pod względem przyjmowanych leków kardiologicznych i obecności tradycyjnych czynników ryzyka sercowo-naczyniowego. Każde zwiększenie możliwości wysiłku fizycznego o 1 MET wiązało się ze zmniejszeniem ryzyka zgonu o 13%. Zależność ta była obserwowana zarówno u osób z dodatkowymi czynnikami ryzyka sercowo-naczyniowego, jak i u osób wolnych od tych czynników. W konkluzji autorzy stwierdzili, że z punktu widzenia ryzyka zgonu u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym sytuacją korzystniejszą jest podejmowanie ćwiczeń zwiększających wydolność treningową niezależnie od obecności czynników ryzyka niż prowadzenie siedzącego trybu życia przy braku czynników ryzyka sercowo-naczyniowego.

### **Badanie wstępne chorego z nadciśnieniem tętniczym**

Ocena wstępna przed podjęciem aktywności fizycznej powinna obejmować poza dokładnym badaniem podmiotowym i przedmiotowym wykonanie podstawowych badań laboratoryjnych: morfologia krwi, stężenie glukozy na czczo, stężenie potasu, pełny profil lipidowy — cholesterol całkowity, LDL, HDL, trójglicerydy, stężenie kreatyniny i oszacowanie wielkości filtracji kłębuszkowej na podstawie wzoru MDRD, stężenie kwasu moczowego, badanie ogólne moczu oraz wykonanie spoczynkowego elektrokardiogramu. Dodatkowo każdemu pacjentowi, dla którego planuje się trening fizyczny, niezależnie od stopnia nadciśnienia tętniczego zaleca się badania oceniające obecność ewentualnych powikłań narządowych: badanie echokardiograficzne, badanie USG dopler tętnic szyjnych, oznaczenie wydalania albumin z moczem (stosunek albumina/kreatynina w porannej próbce moczu) oraz badanie dna oka. Stwierdzenie obecności powikłań narządowych nie stanowi przeciwwskazania do prowadzenia treningu ruchowego. Przy obecności chorób współistniejących nadciśnienie tętnicze jest jedynie dodatkowym czynnikiem ryzyka sercowo-naczyniowego, decydujące znaczenie w ustaleniu formy treningu i intensywności wysiłku fizycznego w takich przypadkach ma rodzaj choroby współistniejącej.

Warunkiem rozpoczęcia i zaprogramowania treningów jest uregulowana i systematycznie kontrolowana wartość ciśnienia tętniczego. Podstawową formą kontroli są samodzielne pomiary ciśnienia tętniczego dokonywane przez pacjenta. Pomiaru należy dokonać po 5 minutach odpoczynku z mankietem założonym na ramię wykazujące wyższe wartości ciśnienia. Liczbę pomiarów ustala się indywidualnie z uwzględnieniem stopnia nadciśnienia i stanu pacjenta. W obserwacji długoterminowej zaleca się 1–2 pomiary tygodniowo, przed przyjęciem leków i przed posiłkiem [26]. Każdorazowy pomiar ciśnienia tętniczego wykonany samodzielnie w warunkach ambulatoryjnych powinien zostać odnotowany w dzienniczku pomiarów. Rozbieżności w wartościach ciśnienia tętniczego w pomiarach ambulatoryjnych i klinicznych są wskazaniem do całodobowej rejestracji ciśnienia tętniczego (ABPM, *ambulatory blood pressure monitoring*), która umożliwia najbardziej obiektywną ocenę skuteczności leczenia oraz określenia dobowego profilu wartości ciśnienia [24]. Ustalając program rehabilitacji ruchowej, należy brać pod uwagę stopień nadciśnienia tętniczego, czynniki o znaczeniu rokowniczym, wiek, płeć, wydolność fizyczną, wcześniejsze doświadczenie w zakresie aktywności ruchowej i upodobania sportowe.

### **Określanie ryzyka związanego z treningiem fizycznym**

Kwalifikacja do programu treningowego powinna uwzględniać ryzyko związane z treningiem fizycznym oraz dodatkowe ryzyko sercowo-naczyniowe. Nadciśnienie tętnicze samo w sobie nie stanowi bezpośredniej przyczyny nagłych zgonów związanych z wysiłkiem fizycznym [27], zwłaszcza w młodszych grupach wiekowych, jest natomiast czynnikiem zwiększającym ryzyko powikłań sercowo-naczyniowych w przypadku współistnienia innych chorób układu krążenia.

Tabele klasyfikacji ryzyka związanego z treningiem fizycznym opierają się na stanowisku *American Heart Association (AHA)*. Według tej klasyfikacji osoby z nadciśnieniem tętniczym bez schorzeń towarzyszących zostają zakwalifikowane jako klasa A [28].

Klasa A obejmuje:

- osoby (mężczyźni < 45. rż., kobiety < 55. rż.), u których w badaniu podmiotowym i przedmiotowym nie stwierdzono choroby serca i/lub objawów choroby serca lub czynników ryzyka choroby niedokrwiennej serca;

- osoby (mężczyźni > 45. rż., kobiety > 55. rż.), u których w badaniu podmiotowym i przedmioto-

wym nie stwierdzono choroby serca i/lub objawów choroby serca, ale są obciążone jednym czynnikiem ryzyka choroby niedokrwiennej serca;

— osoby (mężczyźni > 45. rż., kobiety > 55. rż.), u których w badaniu podmiotowym i przedmiotowym nie stwierdzono choroby serca i/lub objawów choroby serca, ale są obciążone więcej niż jednym czynnikiem ryzyka choroby niedokrwiennej serca.

W ustaleniu dodatkowego ryzyka sercowo-naczyniowego u pacjenta z nadciśnieniem tętniczym według zaleceń *European Society of Hypertension-European Society of Cardiology* bierze się pod uwagę pomiary gabinekowe ciśnienia tętniczego i określenie stopnia nadciśnienia tętniczego oraz brak lub obecność czynników ryzyka sercowo-naczyniowego, uszkodzenia narządów i chorób współistniejących [29].

Do czynników o znaczeniu rokowniczym u pacjenta z nadciśnieniem tętniczym należą:

— czynniki ryzyka sercowo-naczyniowego: stopień nadciśnienia tętniczego, płeć męska i wiek powyżej 55 lat, płeć żeńska i wiek powyżej 65 lat, palenie tytoniu, zwiększenie stężenia cholesterolu całkowitego oraz frakcji LDL, zmniejszenie stężenia cholesterolu frakcji HDL, zwiększone stężenie fibrynogenu, cukrzyca i upośledzona tolerancja glukozy, otyłość, siedzący tryb życia, powikłania sercowo-naczyniowe u rodziców, jeśli wystąpiły w młodszym wieku niż wiek ryzyka dla mężczyzn i kobiet;

— powikłania narządowe nadciśnienia tętniczego: przerost lewej komory serca, mikroalbuminuria, białkomocz i/lub zwiększone stężenie kreatyniny w surowicy, pogrubienie kompleksu *intima-media* i/lub blaszki miażdżycowe w tętnicy szyjnej w badaniu USG dopler, retinopatia nadciśnieniowa;

— choroby współistniejące zwiększające ryzyko sercowo-naczyniowe: naczyniowa choroba mózgu, choroba niedokrwienności serca, niewydolność krążenia, niewydolność nerek, choroba tętnic obwodowych.

Zgodnie z wytycznymi ESH-ESC [30] pacjentów z nadciśnieniem tętniczym można przydzielić do grup:

1. małego ryzyka dodatkowego (ryzyko zgonu sercowo-naczyniowego < 4%):

— pacjenci z nadciśnieniem tętniczym I stopnia, bez dodatkowych czynników ryzyka;

2. umiarkowanego ryzyka dodatkowego (ryzyko zgonu sercowo-naczyniowego 4–5%):

— pacjenci z nadciśnieniem tętniczym I stopnia z 1 lub 2 dodatkowymi czynnikami ryzyka;

— pacjenci z nadciśnieniem tętniczym II stopnia bez dodatkowych czynników ryzyka lub z 1–2 dodatkowymi czynnikami ryzyka;

3. wysokiego ryzyka dodatkowego (ryzyko zgonu sercowo-naczyniowego 5–8%):

— pacjenci z nadciśnieniem tętniczym III stopnia bez dodatkowych czynników ryzyka;

— pacjenci z nadciśnieniem tętniczym I i II stopnia z więcej niż 3 dodatkowymi czynnikami ryzyka, z zespołem metabolicznym, cukrzycą lub obecnością powikłań narządowych;

4. bardzo wysokiego ryzyka dodatkowego (ryzyko zgonu sercowo-naczyniowego > 8%):

— pacjenci z nadciśnieniem tętniczym III stopnia, z 1–3 dodatkowymi czynnikami ryzyka, cukrzycą, zespołem metabolicznym lub powikłaniami narządowymi.

### Zasady stosowania systematycznego wysiłku fizycznego i ustalenie intensywności treningu

Ogólne zasady stosowania systematycznego wysiłku fizycznego u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym dotyczą rodzaju preferowanych ćwiczeń fizycznych, intensywności i częstotliwości ćwiczeń oraz czasu trwania pojedynczej sesji treningowej. Preferowane są ćwiczenia aerobowe, np. szybki marsz, bieg, jazda na rowerze, przeciwwskazane są ćwiczenia izometryczne (podnoszenie ciężarów, kulturystyka). Intensywność sesji treningowej powinna być ustalona na poziomie umiarkowanym, w przedziale 40–60%  $VO_{2max}$ .

Optymalnym rodzajem treningu jest trening wytrzymałościowy, którego podstawę stanowią wysiłki dynamiczne angażujące duże grupy mięśniowe. Ćwiczenia te są wykonywane w zakresie intensywności odpowiadającej strefie aerobowej (tlenowej). Wyznaczenie obciążenia progowego jest najdokładniejszą metodą ustalenia optymalnej intensywności treningu. Podstawowe znaczenie ma tutaj diagnostyczny test wysiłkowy na bieżni ruchomej. Zestawy do testów wysiłkowych określają przybliżony koszt energetyczny wykonanego wysiłku wyrażony w METs (MET, *metabolic equivalent*, spoczynkowe zużycie tlenu, które wynosi 3,5/kg/min). Maksymalne obciążenie osiągnięte w teście wysiłkowym stanowi wydolność funkcjonalną (FC, *functional capacity*) [2], którą przedstawia się w METs. Docelową intensywność sesji treningowej ustala się szacunkowo i opiera na założeniu, że minimalne efektywne obciążenie treningowe wynosi 60% FC, a optymalne jest sumą FC wyrażoną w METs i bazowych 60% [2]. Przykładowe obciążenie optymalne wyliczone dla pacjenta, który w teście wysiłkowym osiągnął obciążenie 5 METs wynosi  $60 + 5 = 65\%$  FC, czyli 3,25

METs. Kolejna metoda szacowania obciążenia treningowego opiera się na subiektywnym odczuciu ciężkości wysiłku w skali punktowej od 6–20, zwanej skalą Borga [31]. Odczucie ciężkości wysiłku odpowiada zazwyczaj wielkości obciążenia względnego ( $\%VO_{2max}$ ). Obciążenia treningowe powinny się mieścić w przedziale punktowym 12–13 według tej skali, określanym przez pacjenta jako wysiłek dość ciężki, co odpowiada intensywności wysiłku na poziomie około  $60\% VO_{2max}$ .

Docelowym parametrem stosowanym w nadzorowanej oraz samodzielnej kontroli treningu jest częstość skurczów serca, na tej podstawie oblicza się tętno treningowe. Znajduje tutaj zastosowanie reguła Karvonena [32], która wprowadza pojęcie rezerwy maksymalnej częstości skurczów serca ( $HR_{max}$ ). Rezerwa  $HR_{max}$  to różnica pomiędzy maksymalną ( $HR_{max}$ ) wyliczoną ze wzoru  $HR_{max} = 220 - \text{wiek}$  (w latach) a spoczynkową ( $HR_{rest}$ ) częstością skurczów serca. Według reguły Karvonena treningową częstość skurczów serca (THR, *training heart rate*) wylicza się jako sumę  $HR_{rest}$  i odsetka rezerwy  $HR_{max}$  dla rekomendowanego zakresu obciążenia ( $\%VO_{2max}$ ), np. dla intensywności wysiłku odpowiadającej  $65\% VO_{2max}$  rekomendowane tętno treningowe (THR) wynosi  $THR = HR_{rest} + 0,65 (HR_{max} - HR_{rest})$ . Tętno spoczynkowe oceniamy w czasie badania przedmiotowego, po 10-minutowym odpoczynku. Można także wykorzystać pomiary tętna wykonywane podczas ambulatoryjnej samokontroli ciśnienia tętniczego.

### Elementy sesji treningowej i etapy treningu

Pojedyncza sesja treningowa powinna składać się z trzech faz: fazy rozgrzewki, fazy treningu właściwego oraz fazy stopniowego zmniejszania obciążenia i wstępu do odpoczynku. Fazę rozgrzewki trwającą około 8–10 minut rozpoczyna się od ćwiczeń oddechowych i ćwiczeń o małej intensywności angażujących duże grupy mięśniowe, np. marsz lub trucht połączone z ćwiczeniami kończyn górnych oraz ćwiczenia rozciągające. W fazie treningu właściwego należy kontynuować wysiłek przez około 30–40 minut, starając się utrzymać docelowe tętno treningowe. W ostatniej fazie przez około 5–8 minut stopniowo zmniejsza się intensywność wysiłku i kończy sesję treningową ćwiczeniami rozciągającymi.

Trening fizyczny przeprowadza się w trzech etapach. W pierwszym etapie (kondycjonowanie) rozpoczyna się program treningów od wysiłków o małej intensywności ( $< 40\% VO_{2max}$ ) i kontynuuje przez

okres 4–6 tygodni, zwiększając poziom intensywności wysiłku do umiarkowanego. W kolejnej fazie (intensyfikacja) przez 4–5 miesięcy należy zwiększać intensywność wysiłku do górnej granicy wysiłku umiarkowanego, jeśli osiągnięte efekty treningu są zadowalające. Celem ostatniej, długotrwałej fazy (stabilizacja) jest utrzymanie dotychczasowego reżimu wysiłkowego bez dalszych istotnych zmian [33].

### Nadzór medyczny i kontrola efektów treningu

Pacjenci z nadciśnieniem tętniczym nie wymagają nadzoru medycznego ani monitorowania w czasie aktywności ruchowej. Nie zaleca się także zmniejszania intensywności treningu poniżej optymalnego zakresu w zależności od stopnia dodatkowego ryzyka sercowo-naczyniowego. Wysiłek o intensywności  $40\text{--}60\% VO_{2max}$  jest uznany za akceptowalnie bezpieczny pod względem możliwości wystąpienia incydentów sercowo-naczyniowych niezależnie od stopnia nadciśnienia tętniczego. Podstawową formą kontroli po ocenie wstępnej, edukacji pacjenta i wdrożeniu programu treningowego jest samokontrola i powadzenie dzienniczka pomiarów ciśnienia tętniczego oraz dzienniczka treningów. Ponieważ docelowym parametrem treningowym jest częstość tętna, w celu prowadzenia właściwej kontroli treningu można wykorzystać pulsomierze. Podstawowe urządzenia rejestrują czas wysiłku, częstość tętna oraz dystans, bardziej zaawansowane pozwalają na liczenie spalonych kalorii, ustalenie tras treningowych i celów treningu z użyciem modułu GPS, posiadają opcje rejestrujące parametry treningu także podczas pływania czy jazdy na rowerze. Wstępna konfiguracja urządzenia wymaga stworzenia własnego profilu użytkownika po wprowadzeniu danych, m.in. płci, wagi i wieku. Dane treningu zostają zapisane w pamięci urządzenia, co umożliwia dokładniejsze prowadzenie dzienniczka treningu oraz ocenę efektywności i postępów realizacji programu treningowego.

Każdy etap treningu (kondycjonowanie, intensyfikacja, stabilizacja) rozpoczyna się kilkoma treninami nadzorowanymi w warunkach stacjonarnych, gdzie opiekun ocenia reakcje ciśnienia i tętna w odpowiedzi na wysiłek i prowadzi równoległe edukację pacjenta w zakresie kontroli tętna i ciśnienia podczas samodzielnej sesji treningowej oraz naukę poprawnego posługiwania się pulsomierzem. W fazie kondycjonowania, prowadzonej przez około 4–6 tygodni, ustala się docelowe wartości tętna treningowego (THR) do poziomu  $40\% VO_{2max}$ , określonego

w wyjściowym teście wysiłkowym. W fazie intensyfikacji prowadzonej przez 4–5 miesięcy oblicza się docelowe tętno treningowe odpowiadające zwiększeniu intensywności wysiłku o około 5%  $VO_{2max}$  na każdy kolejny miesiąc treningu do poziomu 60%  $VO_{2max}$ . W fazie stabilizacji zaleca się stałą kontynuację treningów na poziomie 60%  $VO_{2max}$ . Każda faza treningu powinna zostać zakończona kontrolnym nadzorowanym testem wysiłkowym z analizą efektywności i postępu programu rehabilitacyjnego.

Częstość wizyt kontrolnych ustala się indywidualnie, w odstępach 3-miesięcznych [24], jeśli przebieg choroby jest stabilny. Podczas każdej wizyty kontrolnej konieczne są badanie podmiotowe oraz przedmiotowe, kontrola ciśnienia tętniczego, analiza prowadzonej farmakoterapii, ambulatoryjnych pomiarów ciśnienia tętniczego, historii treningów i ewentualnych objawów ubocznych stosowanej farmakoterapii. W czasie prowadzenia programu treningowego obowiązuje kontynuacja leczenia farmakologicznego, lekami preferowanymi są ACEI, sartany i antagoniści kanału wapnia. Hipotensyjny efekt regularnie stosowanego wysiłku fizycznego może wymagać modyfikacji farmakoterapii i zmniejszenia dawek leków hipotensyjnych, kontrolę lekarską przeprowadza się po około 4 tygodniach [24] od wprowadzenia zmian w leczeniu. Pogorszenie stabilizacji ciśnienia tętniczego wymaga ponownego przeprowadzenia wnikliwego badania podmiotowego i przedmiotowego, analizy dodatkowych czynników, które mogą czasowo pogarszać przebieg choroby (np. leki, używki, stres, zaburzenia snu, spożywanie odżywek zawierających substancje hipertensynogenne) oraz wykluczenia obecności dodatkowych schorzeń wpływających na wysokość ciśnienia tętniczego. Do czasu uzyskania optymalnych wartości ciśnienia tętniczego można rozważyć czasowe zaprzestanie treningów lub zmniejszenie poziomu intensywności wysiłku fizycznego do około 40%  $VO_{2max}$ . Choroby współistniejące mogą wymagać zaprzestania treningów lub zmiany intensywności i formy treningu w zależności od rodzaju choroby.

U wszystkich pacjentów zaleca się wykonanie podstawowych badań biochemicznych co najmniej raz do roku w przypadku ujawnienia nieprawidłowości w ocenie wstępnej i co najmniej raz na 3 lata w przypadku wyników prawidłowych [24]. W grupie pacjentów wysokiego i bardzo wysokiego ryzyka, szczególnie w przypadku obecności powikłań narządowych, raz do roku zaleca się wykonanie badania echokardiograficznego, ocenę dna oka oraz wydalania albumin w porannej próbce moczu (stosunek albumina/kreatynina w porannej próbce moczu). Nie zaleca się kontrolnego badania dopplerowskiego tętnic szyjnych u pacjentów bez objawów ze strony ośrodkowego układu nerwowego.

## Rekomendacje towarzystw naukowych dotyczące wysiłku fizycznego u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym

W nadal aktualnych zaleceniach leczenia nadciśnienia tętniczego ESH/ESC z 2007 roku [33] podkreśla się, że aerobowy trening wytrzymałościowy zmniejsza ciśnienie skurczowe i rozkurczowe w spoczynku około 7/5 mm Hg u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym. Nawet umiarkowana aktywność fizyczna wywiera efekt hipotensyjny i dodatkowo zmniejsza masę ciała, zawartość tłuszczu w organizmie, obwód pasa oraz zwiększa wrażliwość tkanek na insulinę i stężenie cholesterolu frakcji HDL. Dynamiczny trening siłowy (oporowy) również obniża ciśnienie, lecz w mniejszym stopniu. W związku z tym pacjentom z nadciśnieniem tętniczym należy zalecać systematyczne wykonywanie wysiłku o umiarkowanej intensywności, około 30–45 minut codziennie. Preferowane są ćwiczenia wysiłkowe o charakterze wytrzymałościowym (chodzenie, bieganie, pływanie), uzupełnione jedynie ćwiczeniami oporowymi. Intensywność zalecanego aerobowego wysiłku fizycznego powinna zależeć od niezbędnej oceny układu sercowo-naczyniowego i stopnia kontroli ciśnienia tętniczego. Jeżeli nadciśnienie tętnicze jest źle kontrolowane, należy ograniczyć intensywny wysiłek fizyczny do czasu zastosowania skutecznej farmakoterapii hipotensyjnej. Natomiast intensywne wysiłki izometryczne, takie jak dźwiganie dużych ciężarów, mogą wywierać działanie presyjne i nie są zalecane.

Również krajowe zalecenia PTNT z 2011 roku [26] uznają odpowiednią aktywność fizyczną za jedną z sześciu niezbędnych składowych zmian stylu życia, czyli leczenia nefarmakologicznego pacjentów z nadciśnieniem tętniczym. Wzrost aktywności fizycznej, obok redukcji ciśnienia tętniczego o około 4–9 mm Hg pomagają zredukować nadwagę, poprawić ogólną wydolność ustroju i zmniejszyć umieralność. Podstawowe zalecenia odnośnie do zwiększania aktywności fizycznej zostały podane w formie tabeli zawierającej cztery punkty:

1. Codzienne, systematyczne wykonywanie wysiłku o umiarkowanej intensywności przez 30–45 min.
2. Wykonywanie ćwiczeń wytrzymałościowych (chodzenie, bieganie, pływanie) uzupełnionych ćwiczeniami oporowymi (przysiady), dostosowanych do wieku, współistniejących schorzeń i preferencji pacjenta.
3. Unikanie wysiłków izometrycznych (dźwiganie dużych ciężarów).
4. U pacjentów z chorobą serca może okazać się konieczne wykonanie wysiłkowego EKG i rehabilitacja pod nadzorem medycznym.



## Podsumowanie

Nadciśnienie tętnicze jest dużym problemem społecznym, zdrowotnym i ekonomicznym. Najnowsze dane epidemiologiczne wskazują na większą skuteczność leczenia nadciśnienia tętniczego i niepokojący brak redukcji liczby osób chorujących na nadciśnienie, co niewątpliwie jest związane z niekorzystnymi zmianami w stylu życia. Lepsza skuteczność leczenia nadciśnienia tętniczego wynika z większej częstości wykrywania nadciśnienia i skuteczniejszego leczenia farmakologicznego.

Narodowy Fundusz Zdrowia finansuje obecnie dzienne ośrodki rehabilitacji kardiologicznej dla pacjentów po przebytych ostrych zespołach wieńcowych, po przebytej chirurgicznej i przeszłokornej rewaskularyzacji wieńcowej, oferujące pacjentom kompleksową opiekę medyczną z udziałem kardiologów, diabetologów i rehabilitantów i kilkutygodniowe programy treningowe z edukacją i pomocą psychologa oraz dietetyka. Wobec dobrze udokumentowanych korzyści zdrowotnych regularnie stosowanego wysiłku fizycznego warto objąć opieką rehabilitacyjną także pacjentów z nadciśnieniem tętniczym. Program treningowy powinien zawierać wstępną ocenę wydolności fizycznej przy pomocy klasycznego lub ergospirometrycznego testu wysiłkowego i ustalenie docelowej intensywności treningu, edukację pacjenta w zakresie podstaw fizjologii wysiłku fizycznego oraz samokontroli treningu (samodzielny pomiar tętna, ciśnienia tętniczego, korzystanie z pulsomierza) oraz kontrolę efektów kolejnych faz treningu fizycznego nadzorowanym testem wysiłkowym. Regularny trening fizyczny w określonej grupie pacjentów może skutkować normalizacją ciśnienia tętniczego, bez konieczności dodatkowej farmakoterapii, u innych jest dodatkową formą leczenia, która może poprawić rokowanie i jakość życia, skorygować zaburzenia metaboliczne i zmniejszyć zużycie leków hipotensyjnych.

## Streszczenie

Integralną częścią terapii nadciśnienia tętniczego, ważnego czynnika ryzyka sercowo-naczyniowego, jest postępowanie niefarmakologiczne, w tym wysiłek fizyczny.

Odpowiedź układu krążenia na wysiłek fizyczny uzależniona jest od jego rodzaju (statyczny, dynamiczny), czasu trwania, intensywności i ilości zaangażowanej w wysiłek masy mięśniowej. U osób z nadciśnieniem tętniczym reakcja presyjna podczas

wysiłku jest większa niż u osób zdrowych. W trakcie rozwoju choroby dochodzi do wzrostu oporu obwodowego, stopniowo zmniejszają się objętość wyrzutowa i czynność serca. Regularny wysiłek powoduje redukcję SBP o 4–8 mm Hg, a DBP o 2–6 mm Hg. Dochodzi do zmniejszenia spoczynkowej i wysiłkowej częstości serca poprzez uzyskanie nowej równowagi między składowymi układami autonomicznego. Wysiłkowa objętość wyrzutowa rośnie, a obciążenie serca maleje. Obserwuje się zwiększenie przepływu wieńcowego oraz regresję towarzyszącego przerostu lewej komory, porównywalną z regresją osiąganą leczeniem hipotensyjnym. Poprzez te zmiany regularny wysiłek fizyczny ekonomizuje pracę układu krążenia i pozwala na znacznie lepsze wykorzystanie tlenu przy istotnie mniejszym jego obciążeniu. Regularna aktywność fizyczna ma też korzystny wpływ na wiele innych czynników ryzyka sercowo-naczyniowego, takich jak parametry krzepnięcia, profil lipoprotein osocza, insulinooporność.

Pacjentom z nadciśnieniem tętniczym należy zalecać systematyczne wykonywanie wysiłku o umiarkowanej intensywności, około 30–45 minut codziennie. Preferowane są ćwiczenia wysiłkowe o charakterze wytrzymałościowym (chodzenie, bieganie, pływanie), uzupełnione jedynie ćwiczeniami oporowymi. Intensywność zalecanego aerobowego wysiłku fizycznego powinna zależeć od niezbędnej oceny układu sercowo-naczyniowego i stopnia kontroli ciśnienia tętniczego. Jeżeli nadciśnienie tętnicze jest źle kontrolowane, należy ograniczyć intensywny wysiłek fizyczny do czasu zastosowania skutecznej farmakoterapii hipotensyjnej. Intensywne wysiłki izometryczne (np. dźwiganie dużych ciężarów) nie są zalecane. Hipotensyjny efekt regularnie stosowanego wysiłku fizycznego może wymagać modyfikacji farmakoterapii.

**słowa kluczowe:** physical exercise, non-pharmacological treatment, arterial hypertension

*Nadciśnienie Tętnicze 2012, tom 16, nr 5 strony 271–280.*

## Piśmiennictwo

1. Mac Mahon S., Peto R., Cutler J. i wsp. Blood pressure, stroke, coronary heart disease, part I. Prolonged difference in blood pressure; prospective observational studies corrected for the regression dilution bias. *Lancet* 1990; 355: 765–774.
2. Bromboszcz J., Dylewicz P. Rehabilitacja kardiologiczna — stosowanie ćwiczeń fizycznych ELIPSA-JAIM 2005; 15–30: 186–192.
3. Braksator W., Mamcarz A., Dłużniewski M. *Kardiologia sportowa*. Via Medica, Gdańsk 2006; 1–2, 7–17, 117–123, 220–221, 225–237.
4. Nakashima M., Miura K., Kido T. i wsp. Exercise blood pressure In young adults as a predictor of future blood pressure: a 12-year follow-up of medical school graduates. *J. Hum. Hypertens.* 2004; 18: 815–821.

5. Januszewicz A., Januszewicz W., Szczepańska-Sadowska E. i wsp. Nadcisnienie tętnicze. *Medycyna Praktyczna* 2007; 457–463.
6. Petrella R.J., Lattanzio C.N. Can adoption of regular exercise later in life prevent metabolic risk for cardiovascular disease? *Diabetes Care* 2005; 28 (3): 694–701.
7. Hakim A.A., Curb J.D., Petrovitch H. i wsp. Effect of walking on coronary heart disease in elderly men. The Honolulu Heart Program. *Circulation* 1999; 100: 9–13.
8. Fagard R.H. Prescriptions and results of physical activity. *J. Cardiovasc. Pharmacol.* 1995; 25 (supl. I): 20–27.
9. Duncan J.J., Farr J.E., Upton S.J. i wsp. The effects of aerobic exercise on plasma catecholamines and blood pressure in patients with mild essential hypertension. *JAMA* 1985; 254: 2609.
10. Nelson L., Jennings G.L., Esler M.D., Korner P.I. Effects of changing levels of physical activity on blood pressure and hemodynamics in essential hypertension. *Lancet* 1986; 2: 473.
11. Goto C., Higashi Y., Kimura M. i wsp. Effects of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilatation in humans: role of endothelium dependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation* 2003; 108: 530.
12. Ravussin E., Lillioja S., Anderson T.E. i wsp. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J. Clin. Invest.* 1986; 78: 1568.
13. Reid C.M., Dart A.M., Dewar E.M., Jennings G.L. Interactions between the effects of exercise and weight loss on risk factors, cardiovascular hemodynamics and left ventricular structure in overweight subjects. *J. Hypertens.* 1994; 12: 291.
14. Neter J.E., Stam B.E., Kok F.J., Grobbee D.E., Geleijnse J.M. Influence of weight reduction on blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension* 2003; 42: 878–884.
15. Schilaci G., Pasqualini L., Vaudo G. i wsp. Effect of body weight changes on 24-hour blood pressure and left ventricular mass in hypertension: a 4-year follow up. *Am. J. Hypertens.* 2003; 16: 634.
16. Kokkinos P.F., Narayan P., Collier J.A. i wsp. Effects of regular exercise on blood pressure and left ventricular hypertrophy in African-American men with severe hypertension. *N. Engl. J. Med.* 1995; 333 (22): 1462–1467.
17. Dahlof B., Pennert K., Hansson L. Reversal of left ventricular hypertrophy in hypertensive patients. A metaanalysis of 109 treatment studies. *Am. J. Hypertens.* 1992; 5 (2): 95–110.
18. Czarkowska-Pączek B., Przybylski J. Zarys fizjologii wysiłku fizycznego. *Urban&Partner* 2006; 5, 53–62; 112–114.
19. Wang J.S., Jen C.J., Chen H.I. Effects of exercise training and deconditioning on platelet function in men. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 1995; 15: 1668.
20. Stevenson E.T., Davy K.P., Seals D.R. Hemostatic, metabolic, and androgenic risk factors for coronary heart disease in physically active and less active postmenopausal women. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 1995; 15: 669.
21. Smith J.K., Dykes R., Douglas J.E. i wsp. Long-term exercise and atherogenic activity of blood mononuclear cells in persons at risk of developing ischaemic heart disease. *JAMA* 1999; 281: 172.
22. Kraus W.E., Houmard J.A., Duscha B.D. i wsp. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoprotein. *N. Engl. J. Med.* 2002; 347 (19): 1483–1491.
23. Astrand P.O., Rhyming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *Appl. Physiol.* 1954; 7 (2): 218–221.
24. Sandvik L., Erikssen J., Thaulow E., Erikssen G., Mundal R., Rodahl K. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *N. Engl. J. Med.* 1993; 328: 533–537.
25. Kokkinos P., Manolis A.J., Pittaras A. i wsp. Exercise capacity and mortality in older man. A 20-year follow-up study. *Circulation* 2010; 122: 790–797.
26. Widecka K., Narkiewicz K., Tykarski A. Zasady postępowania w nadcisnieniu tętniczym-2011 rok. *Nadcisnienie Tętnicze* 2011; 15 (2): 55–82.
27. Wićcek A., Januszewicz A., Szczepańska-Sadowska E. i wsp. Hipertensjologia. Patogeneza, diagnostyka i leczenie nadcisnienia tętniczego. *Medycyna Praktyczna* 2011; 4 (15): 365–372.
28. Fletcher G.F., Blady G.J., Amsterdam E.A. i wsp. Exercises standards for testing and training. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 2001; 104: 1694–1740.
29. Pelliccia A., Fagard R., Bjornstad H.H. i wsp. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease: a consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2005; 26 (14): 1422–1445.
30. 2003 European Society of Hypertension-European Society of Cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. *J. Hypertens.* 2003; 21 (6): 1011–1053.
31. Borg G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1982; 14: 377–381.
32. Karvonen J., Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med.* 1988; 5 (5): 303–311.
33. Kenney W.L., Humphrey R.H., Bryant C.X. i wsp. American College of Sports Medicine Guidelines for Exercise Testing and Prescriptions, 5<sup>th</sup> ed. Williams & Wilkins, Baltimore 1995.
33. Mancia G., De Backer G., Dominiczak A. i wsp. Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension/European Society of Cardiology. 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J. Hypertens.* 2007; 25: 1105–1187.