



REVIEW PAPER / PRACA POGLĄDOWA

Justyna Wyszynska^{A,B,F,G}, Justyna Podgórska-Bednarz^{F,G}, Artur Mazur^{A,B}

**Excessive body mass and its correlation with hypertension
– a review of the literature**

**Nadmierna masa ciała i jej związek z nadciśnieniem tętniczym
– przegląd piśmiennictwa**

Institute of Physiotherapy, Faculty of Medicine,
University of Rzeszów

ABSTRACT

Hypertension is a serious health issue both in Poland and worldwide. It has been demonstrated that hypertension diagnosed in childhood persists in adulthood. Therefore, knowledge of the risk factors, prophylaxis and treatment of hypertension are crucial due to its serious medical and social consequences. Early identification of risk factors for hypertension allows to implement targeted preventive actions leading to the modification of habits connected with lifestyle, which in turn may lead to a reduction in the incidence of the disease or reduce its effects.

The aim of the paper is to characterize the relationship between the occurrence of excessive body mass and hypertension in adults and in children and adolescents.

Material and methods. A review of Polish and foreign literature mainly from the last 10 years. The following databases were searched: PubMed, EBSCO, Science Direct, Termedia, Polish Medical Bibliography.

STRESZCZENIE

Nadciśnienie tętnicze stanowi poważny problem zdrowotny zarówno w Polsce, jak i na całym świecie. Wykazano, że nadciśnienie tętnicze rozpoznane w dzieciństwie utrzymuje się również w okresie dorosłości. Dlatego znajomość czynników ryzyka, profilaktyka i leczenie nadciśnienia tętniczego jest niezwykle ważne ze względu na jego poważne konsekwencje zdrowotne i społeczne. Wczesna identyfikacja czynników ryzyka nadciśnienia tętniczego pozwala na wdrożenie ukierunkowanego działania prewencyjnego prowadzącego do modyfikacji nawyków związanych ze stylem życia, co w konsekwencji może doprowadzić do zmniejszenia zachorowalności na tę chorobę lub ograniczenia jej skutków.

Celem pracy jest charakterystyka zależności pomiędzy występowaniem nadmiernej masy ciała i nadciśnienia tętniczego u osób dorosłych oraz w populacji wieku rozwojowego.

Materiał i metoda. Dokonano przeglądu piśmiennictwa krajowego i zagranicznego, głównie z ostatnich 10 lat.

Mailing address / Adres do korespondencji: Justyna Wyszynska, ul. Warszawska 26, 35-202 Rzeszów,
e-mail: jwyszynska@ur.edu.pl

Participation of co-authors / Udział współautorów: A – preparation of a research project / przygotowanie projektu badawczego; B – collection of data / zbieranie danych; C – statistical analysis / analiza statystyczna; D – interpretation of data / interpretacja danych; E – preparation of a manuscript / przygotowanie manuskryptu; F – working out the literature / opracowanie piśmiennictwa; G – obtaining funds / pozyskanie funduszy

Received / Artykuł otrzymano: 5.03.2016 | Accepted / Zaakceptowano do publikacji: 2.06.2016
Publication date / Data publikacji: june / czerwiec 2016

Keywords: hypertension, children, adolescents, adults, obesity, body mass composition

Introduction

Hypertension is an independent risk factor for cardiovascular diseases common in highly industrialized societies. It poses a serious health and economic problem due to its prevalence and complications [1]. The problem of hypertension affected 26.4% in 2000 (about 972 million people) of the adult population in the United States [2]. Kearney et al. estimated that this issue will have affected 1 billion 560 million people – 29.2% of the world adult population by 2025 [3].

The survey NATPOL 2011 includes the most recent data on the prevalence of hypertension in Poland. Available data suggest that hypertension occurs in 32% of adults (10.5 million cases). Every third Pole is not aware that they suffer from hypertension [4].

The prevalence of hypertension among children and adolescents is lower than among adults. However, the scale of the problem in this population is growing. This phenomenon is observed parallel to the increase of obesity in children [5]. On a global scale, estimates indicate that hypertension occurs in 3–6% of the developmental age population [6]. Among Polish children and adolescents the incidence of hypertension is estimated at 2–6.6% because of the considerable regional differences. Disease is more frequently diagnosed in older age groups [7–9].

The incidence of high blood pressure is influenced by various factors: genetic, socio-economic, biological and lifestyle-related. It has been shown that hypertension observed in childhood also maintains during adulthood. Knowledge of risk factors, early detection and treatment of hypertension are very important due to its serious health and social consequences.

The aim of the paper is to characterize the relationship between the occurrence of excessive body mass and hypertension in adults and in children and adolescents. The influence of overweight, obesity, abdominal obesity, and percentage of body fat on the development of hypertension were analyzed.

Material and methods

A review of current domestic and foreign literature mainly from last 10 years was performed. We searched the following databases: PubMed, EBSCO, Science Direct, Termedia, Polish Medical Bibliography typing the following keywords: overweight, obesity, hypertension, waist circumference, body composition, percentage of body fat, abdominal obesity, BMI (*body mass index*).

Przeszukano następujące bazy danych: PubMed, EBSCO, Science Direct, Termedia, Polska Bibliografia Lekarska.

Słowa kluczowe: nadciśnienie tętnicze, dzieci, młodzież, osoby dorosłe, otyłość, skład masy ciała

Wprowadzenie

Nadciśnienie tętnicze jest niezależnym czynnikiem ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego, powszechnie występującym w społeczeństwach wysoko uprzemysłowionych. Z uwagi na jego rozpowszechnienie i powikłania stanowi poważny problem zdrowotny i ekonomiczny [1]. W 2000 r. problem nadciśnienia tętniczego dotyczył 26,4% (około 972 mln ludzi) populacji osób dorosłych w USA [2]. Kearney i wsp. szacują, że do 2025 r. problem ten dotyczyć będzie 1 mld 560 mln ludzi – wówczas 29,2% światowej populacji osób dorosłych [3].

Najbardziej aktualne dane dotyczące rozpowszechnienia nadciśnienia tętniczego w Polsce pochodzą z badania NATPOL 2011. Z dostępnych danych wynika, że nadciśnienie tętnicze występuje u 32% dorosłych Polaków (10,5 mln chorych). Co trzeci Polak nie jest świadomy, że choruje na nadciśnienie tętnicze [4].

Częstość występowania nadciśnienia tętniczego wśród dzieci i młodzieży jest niższa niż wśród osób dorosłych. Jednak skala problemu w tej populacji wykazuje tendencję wzrostową. Jest to zjawisko, które obserwuje się równoległe wraz ze wzrostem występowania otyłości u dzieci [5]. W skali globalnej, szacunkowe dane wskazują, że nadciśnienie tętnicze występuje u 3–6% populacji wieku rozwojowego [6]. Wśród dzieci i młodzieży polskiej, ze względu na znaczne zróżnicowanie regionalne, częstość występowania nadciśnienia tętniczego szacuje się na 2–6,6%. Częściej chorobę stwierdza się w starszych grupach wiekowych [7–9].

Na wystąpienie nadciśnienia tętniczego mają wpływ różne czynniki: genetyczne, socjoekonomiczne, biologiczne i związane ze stylem życia. Wykazano, że nadciśnienie tętnicze stwierdzane w dzieciństwie utrzymuje się również w okresie dorosłości. Znajomość czynników ryzyka, wczesne wykrycie i leczenie nadciśnienia tętniczego ze względu na jego poważne konsekwencje zdrowotne i społeczne jest niezwykle ważne.

Celem pracy jest charakterystyka zależności pomiędzy występowaniem nadmiernej masy ciała i nadciśnienia tętniczego u osób dorosłych oraz w populacji wieku rozwojowego. Przeanalizowano wpływ nadwagi, otyłości, otyłości brzusznej oraz procentowej zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie na rozwój nadciśnienia tętniczego.

Materiał i metoda

Dokonano przeglądu aktualnego piśmiennictwa krajowego i zagranicznego, głównie z ostatnich 10 lat. Przeszukano następujące bazy danych: PubMed, EBSCO, Science

Analysis of the literature

Biological, environmental and lifestyle factors significantly influence the development of primary hypertension. Due to the fact that it is difficult to determine which factor would be decisive in the development of hypertension, it is assumed that they are a combination of factors predisposing to increased blood pressure. Non-modifiable risk factors for hypertension include, among others, age, sex, race, family history, or birth weight, and modifiable factors are: lack or low level of physical activity, excess body weight, eating too much salt, and inadequate intake of fresh fruits and vegetables resulting in potassium and calcium deficiency [10].

Overweight

One of the main factors contributing to the development of hypertension is overweight and obesity. Obesity has the character of a global epidemic especially in developed countries [11]. The relationship between obesity and hypertension has been documented in several large population studies and epidemiological studies. The results show that among adults [12–15], as well as children and adolescents, excessive body weight contributes to an increased risk of developing hypertension [16–19]. Compared with normal weight, the risk of developing hypertension in obese persons is 2–3 times higher [20]. It has been estimated that the weight gain of 4.5 kg caused an average increase in systolic blood pressure by 4.5 mm Hg [21]. Nguyen et al. have shown that odds ratio for the risk of developing hypertension among overweight people compared to those with normal weight is 1.7; for obesity class I, II and III it is 2.6 vs 3.7 vs 4.8 respectively [14]. Normalization of weight loss in obese persons reduces the risk of developing hypertension. Framingham's findings conducted among 1,228 obese people showed that weight loss of at least 6.8 kg contributed to reduction in the risk of developing high blood pressure by 21–29% [22]. According to Grabańska et al., reduction of excess body weight also helps to improve insulin sensitivity, reduces sympathetic activity and lipid disorders [23].

According to Feld and Corey, hypertension occurs in obese children 3 to 5 times more frequently than in their peers with normal body weight [24]. Falkner et al. studied the population of more than 18 thousand children and adolescents aged 2 to 19 years and recognized hypertension in 6.6% of boys and 4.4% of girls aged 2 to 5 years with overweight. In contrast, among overweight respondents between the age of 16 and 19 the hypertension was found in 13.3% of boys and 16.3% of girls [25]. Based on another survey conducted by Sorof et al. among more than 5 thousand children, it was found that the prevalence of hypertension increased from 2% in children with normal body weight up to 11% in obese children [26]. This association was also confirmed by Lo et al. who studied almost 118 thousand children and adolescents aged 6 to

Direct, Termedia, Polska Bibliografia Lekarska, wpisując następujące słowa kluczowe: nadwaga, otyłość, nadciśnienie tętnicze, obwód pasa, skład masy ciała, zawartość procentowa tkanki tłuszczowej, otyłość brzuszna, BMI (*body mass index*).

Analiza piśmiennictwa

Czynniki biologiczne, środowiskowe i związane ze stylem życia w istotny sposób wpływają na rozwój pierwotnego nadciśnienia tętniczego. W związku z faktem, iż trudno określić, który czynnik miałby decydujące znaczenie w rozwoju nadciśnienia tętniczego, przyjmuje się, że stanowią one zespół czynników predysponujących do wystąpienia podwyższonych wartości ciśnienia tętniczego. Do niemodyfikowalnych czynników ryzyka nadciśnienia tętniczego zalicza się m.in. wiek, płeć, rasę, obciążenie rodzinne, czy urodzeniową masę ciała, zaś do modyfikowalnych czynników: brak lub niski poziom aktywności fizycznej, nadmierną masę ciała, spożywanie nadmiernej ilości soli kuchennej oraz niedostateczne spożycie świeżych warzyw i owoców, skutkujące niedoborem potasu i wapnia [10].

Nadmierna masa ciała

Jednym z głównych czynników przyczyniających się do rozwoju nadciśnienia tętniczego jest nadwaga oraz otyłość. Otyłość przybrała charakter globalnej epidemii szczególnie w krajach wysoko rozwiniętych [11]. Związek między otyłością i nadciśnieniem tętniczym został udokumentowany w wielu obszernych badaniach populacyjnych i epidemiologicznych. Wyniki badań wskazują, że zarówno wśród osób dorosłych [12–15], jak i dzieci i młodzieży, nadmierna masa ciała przyczynia się do zwiększonego ryzyka rozwoju nadciśnienia tętniczego [16–19]. W porównaniu z osobami o prawidłowej masie ciała, u osób otyłych ryzyko rozwoju nadciśnienia tętniczego jest 2–3-krotnie większe [20]. Oszacowano, że przyrost masy ciała o 4,5 kg powoduje średni wzrost skurczowego ciśnienia tętniczego o 4,5 mm Hg [21]. Nguyen i wsp. wykazali, że ryzyko rozwoju nadciśnienia tętniczego, wyrażone ilorazem szans, wśród osób z nadwagą w porównaniu z osobami z prawidłową masą ciała wynosi 1,7; dla osób z otyłością I, II oraz III stopnia wynosi odpowiednio: 2,6 vs 3,7 vs 4,8 [14]. Normalizacja masy ciała u osób otyłych przyczynia się do zmniejszenia ryzyka rozwoju nadciśnienia tętniczego. Na podstawie wyników badań Framingham, przeprowadzonych wśród 1228 otyłych osób, wykazano, że redukcja masy ciała o co najmniej 6,8 kg przyczyniła się do zmniejszenia ryzyka rozwoju nadciśnienia tętniczego o 21–29% [22]. Według Grabańskiej i wsp. redukcja nadmiernej masy ciała przyczynia się również do poprawy insulinowrażliwości, zmniejszenia aktywności współczulnej oraz zmniejszenia zaburzeń lipidowych [23].

Według Feld i Corey nadciśnienie tętnicze występuje u otyłych dzieci od 3 do 5 razy częściej niż u rówieśników

17. The authors observed that the increase in BMI in subjects is associated with an increased incidence of hypertension. In addition, it was found that the risk of high blood pressure increases nearly 3-fold in patients with class III obesity in comparison with the subjects with class II obesity [27]. The results of the research among more than 47 thousand children and adolescents have shown that blood pressure was significantly higher in subjects with BMI in the top percentile intervals regardless of age, gender and race [28]. The results of *Bogalusa Heart Study* also showed that in children and adolescents with excess body weight systolic hypertension occurs 4.5 times more likely, and diastolic hypertension 2.4 times more likely than in their peers with normal body weight [29]. The studies assessing the relationship of overweight with hypertension were also conducted in Poland. Szałapska et al. reported that hypertension affects more than 1/3 of obese children and adolescents aged 5.5 to 17 years [30]. Lipiec et al. in a study of children and adolescents with hypertension observed obesity in almost a half of the respondents (48%) [31]. While Januś et al. diagnosed hypertension in 55.8% of obese respondents aged 10 to 18 years [18]. An even greater percentage of patients with hypertension (58%) whose BMI exceeded normal values found Niemirska et al. [32]. Another study carried out with the method of continuous ambulatory measurement also showed that blood pressure correlated with BMI centile values stronger and more significantly than other indicators of physical development such as age, height and body mass [33].

Visceral obesity

Not only obesity class, but also the distribution of body fat is important in the development of hypertension. It has been shown that visceral obesity is more strongly associated with cardiovascular and metabolic risk factors than the circumferential obesity [34]. The results of numerous studies confirm that central obesity contributes to the development of hypertension among both adults and young people to a greater extent. Based on the results of research, which involved a group of more than 11 thousand persons over 18 yrs confirmed that visceral obesity is an important risk factor for hypertension. The subjects with visceral obesity were characterized by almost twice the risk of hypertension [35]. Similar results were obtained in northern China. The study was attended by over 25 thousand adults. The authors showed that the subjects with higher waist circumference had significantly higher blood pressure [36]. The studies intended to assess the relationship between visceral obesity and the incidence of hypertension were also carried out in Poland. Chrostowska et al. conducted a study which enrolled more than 5 thousand adults. The researchers confirmed that increased waist circumference that prove visceral obesity correlated with a statis-

z prawidłową masą ciała [24]. Falkner i wsp. na podstawie przeprowadzonych badań w ponad 18-tysięcznej populacji dzieci i młodzieży w wieku od 2 do 19 lat, rozpoznali nadciśnienie tętnicze u 6,6% chłopców oraz 4,4% dziewcząt w wieku od 2 do 5 lat z nadwagą. Natomiast wśród badanych z nadwagą w wieku między 16 a 19 rokiem życia nadciśnienie tętnicze stwierdzili u 13,3% chłopców oraz 16,3% dziewcząt [25]. Na podstawie kolejnego badania przeprowadzonego przez Sorof i wsp. wśród ponad 5 tys. dzieci stwierdzono, że częstość występowania nadciśnienia tętniczego wzrasta od wartości 2% w populacji dzieci z prawidłową masą ciała do 11% u dzieci z otyłością [26]. Powyższą zależność potwierdzili także Lo i wsp. w badaniach prawie 118 tys. dzieci i młodzieży w wieku od 6 do 17 lat. Autorzy zaobserwowali, że wzrost wartości BMI u badanych wiązał się ze wzrostem częstości występowania nadciśnienia tętniczego. Dodatkowo autorzy stwierdzili, że u osób z otyłością III stopnia w porównaniu z osobami z otyłością stopnia II, ryzyko wystąpienia nadciśnienia tętniczego wzrasta prawie 3-krotnie [27]. Wyniki kolejnych badań wśród ponad 47 tys. dzieci i młodzieży dowodzą, że niezależnie od wieku, płci i rasy wartości ciśnienia tętniczego są istotnie wyższe u badanych, u których BMI mieści się w górnych przedziałach centylowych [28]. Wyniki badań *Bogalusa Heart Study* także potwierdzają, że u dzieci i młodzieży z nadmierną masą ciała skurczowe nadciśnienie tętnicze występuje 4,5 razy częściej, a rozkurczowe 2,4 razy częściej niż u ich rówieśników z prawidłową masą ciała [29]. W Polsce również realizowano badania mające na celu ocenę związku nadmiernej masy ciała z nadciśnieniem tętniczym. Szałapska i wsp. donoszą, że nadciśnienie tętnicze występuje u ponad 1/3 otyłych dzieci i młodzieży w wieku od 5,5 do 17 lat [30]. Lipiec i wsp. w badaniu dzieci i młodzieży z nadciśnieniem tętniczym rozpoznali otyłość u prawie połowy badanych (48%) [31]. Natomiast Januś i wsp. zdiagnozowali nadciśnienie tętnicze u 55,8% otyłych badanych w wieku od 10 do 18 lat [18]. Jeszcze większy odsetek badanych z nadciśnieniem tętniczym (58%), u których BMI przekraczało wartości prawidłowe stwierdzili Niemirska i wsp. [32]. W innych badaniach realizowanych przy użyciu metody ciągłego ambulatoryjnego pomiaru także wykazano, że wartości ciśnienia tętniczego silniej i istotniej korelują z wartościami centylowymi BMI, aniżeli inne wskaźniki rozwoju fizycznego takie jak wiek, wysokość czy masa ciała [33].

Otyłość trzewna

W rozwoju nadciśnienia tętniczego istotne znaczenie ma nie tylko stopień otyłości, ale także rozmieszczenie tkanki tłuszczowej w ustroju. Wykazano, że otyłość wisceralna silniej wiąże się z sercowo-naczyniowymi i metabolicznymi czynnikami ryzyka niż otyłość obwodowa [34]. Wyniki licznych badań potwierdzają, że otyłość typu centralnego w większym stopniu przyczynia się do roz-

tically significant higher incidence of hypertension. The diagnosis of visceral obesity was associated with more than 3-fold higher risk of developing hypertension both in women and men [37].

Similar research were carried out also in children and adolescents. Benmohammed et al. found that the risk of developing hypertension is higher in adolescents with visceral obesity, regardless of age or the class of obesity [38]. The above-described dependence is also confirmed by the German study which involved almost 7 thousand children and adolescents [39]. At the same time particular concern is high prevalence of visceral obesity among children and adolescents. Taheri et al. recognized central obesity among 15.7% of primary school children [40], Bacardí-Gascón et al. in 18% of preschool children and in 16.7% of school-age children [41], while Schröder et al. in 26.8% of children and 21.1% of young people [42]. In Australia, the percentage of children with visceral obesity increased from 8.5% in 1985 to 18.3% in 2007. [43]. Although the results of numerous studies confirmed close relationship of hypertension and visceral obesity, possible mechanisms for this relationship are not fully understood [44]. It is believed that visceral adipose tissue is one of the factors promoting hypertension because it has a higher metabolic activity in comparison with the adipose tissue located elsewhere in the body [45]. In addition, central obesity leads to impaired function and dysfunction of major blood microcirculation and, consequently, to high blood pressure [46].

The content of fat in the body

Apart from excessive body mass and central obesity, another factor, which may predispose to the development of hypertension is high percentage of body fat [47]. It has been shown that correct BMI does not always indicate the actual content of fat in the body. The percentage of fat in the body may be too high even in people with normal weight [48]. It was observed in the 80s for the first time that some people with normal weight have similar metabolic disorders to obese people. Early identification of these people is difficult because the problem concerns apparently healthy, non-obese people. Therefore, existing metabolic disorders are usually detected and treated late. People of normal weight who were diagnosed with metabolic disorders are referred to as metabolically obese normal-weight (MONW) [49]. An increased amount of adipose tissue in these subjects is associated with hyperinsulinemia, insulin resistance, atherogenic dyslipidemia and high blood pressure [50]. The results show that people with high percentage of body fat despite a normal body weight, are characterized by an increased cardio-metabolic risk [51, 52]. Ahmad et al. evaluated the relationship between the percentage of body fat and obesity and hypertension in adults. The authors found that the percentage of body fat was significantly higher in obese

woju nadciśnienia tętniczego, zarówno wśród osób dorosłych jak i osób młodych. Na podstawie analizy wyników badań, którymi objęto grupę ponad 11 tys. osób powyżej 18 roku życia potwierdzono, że otyłość trzewna jest istotnym czynnikiem ryzyka nadciśnienia tętniczego. Badani z otyłością trzewną charakteryzowali się prawie dwukrotnie większym ryzykiem wystąpienia nadciśnienia tętniczego [35]. Podobne wyniki uzyskano w północnych Chinach. W badaniach wzięło udział ponad 25 tys. osób dorosłych. Autorzy wykazali, że badani z wyższymi wartościami obwodu pasa mieli istotnie wyższe wartości ciśnienia tętniczego [36]. Również w Polsce realizowano badania mające na celu ocenę zależności pomiędzy otyłością trzewną a występowaniem nadciśnienia tętniczego. W badaniach prowadzonych przez Chrostowską i wsp. wzięło udział ponad 5 tys. osób dorosłych. Badacze potwierdzili, że podwyższone wartości obwodu talii, świadczące o otyłości trzewnej, były skorelowane w sposób istotny statystycznie z częstszym występowaniem nadciśnienia tętniczego. Zarówno dla kobiet, jak i mężczyzn, rozpoznanie otyłości trzewnej wiązało się z ponad 3-krotnie większym ryzykiem rozwoju nadciśnienia tętniczego [37].

Podobne badania realizowano również w grupie dzieci i młodzieży. Benmohammed i wsp. stwierdzili, że ryzyko rozwoju nadciśnienia tętniczego jest większe u młodzieży z otyłością trzewną, niezależnie od wieku czy stopnia otyłości [38]. Wyżej opisane zależności potwierdzają także niemieckie badania, w których wzięło udział prawie 7 tys. dzieci i młodzieży [39]. Jednocześnie szczególnie niepokój budzi znaczne rozpowszechnienie otyłości trzewnej wśród dzieci i młodzieży. Taheri i wsp. rozpoznali otyłość centralną wśród 15,7% dzieci ze szkół podstawowych [40], Bacardí-Gascón i wsp. u 18% dzieci w wieku przedszkolnym i u 16,7% dzieci w wieku szkolnym [41], zaś Schröder i wsp. u 26,8% dzieci oraz 21,1% młodzieży [42]. W Australii odsetek dzieci z otyłością trzewną wzrósł z 8,5% w 1985 r. do 18,3% w 2007 r. [43]. Pomimo iż na podstawie wyników licznych badań potwierdzono istnienie ścisłego związku nadciśnienia tętniczego z otyłością trzewną, to dokładne mechanizmy tej zależności nie są w pełni poznane [44]. Uważa się, że tkanka tłuszczowa trzewna jest jednym z czynników hipertensynogennych, gdyż odznacza się większą aktywnością metaboliczną w porównaniu z tkanką tłuszczową zlokalizowaną w innych regionach ustroju [45]. Ponadto otyłość centralna prowadzi do upośledzenia funkcji dużych naczyń oraz dysfunkcji mikrokrążenia, a w konsekwencji do nadciśnienia tętniczego [46].

Zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie

Innym czynnikiem, oprócz nadmiernej masy ciała oraz otyłości centralnej, który może predysponować do rozwoju nadciśnienia tętniczego jest wysoka procentowa zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie [47]. Wykazano, że prawidłowe wartości BMI nie zawsze świadczą o właściwej zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie.

hypertensive individuals than obese with normal blood pressure [53]. Pediatric population was also analyzed according to the above. In 1996, Dwyer and Blizzard have shown that the increased percentage of body fat (above 20% in boys and 30% in girls) is associated with higher risk of developing hypertension and dyslipidemia [54]. Similarly Plachta-Danielzik et al. based on the results of studies of more than 7,300 children found that increased fat mass in obese children aged 9–11 years is associated with higher incidence of hypertension [55]. Drożdż et al. also analyzed the relationship between the percentage of body fat and blood pressure in primary school children. The researchers analyzed the fat tissue in three groups of children whose blood pressure were: (1) less than the 50th percentile, (2) greater than 50 and less than the 95th percentile (3) greater than the 95th percentile. The percentage of body fat in the examined groups of children amounted to 14.0% vs. 16.8% vs. 30.2%. Children diagnosed with hypertension were characterized by a much higher percentage of body fat. The results of our research indicated that the percentage of body fat is an important predictor of hypertension in both obese and non-obese children [56].

Similar results were obtained by Brion et al. on the basis of the research on almost 8,000 9-year-old children. When adjusted for confounding factors, it turned out that there is a positive correlation between the percentage of body fat, and systolic and diastolic blood pressure. The authors found that the percentage of body fat can be classified as prognostic factors of blood pressure [57]. Going et al. conducted a similar study, but analysed not only children, but also adolescents. In total, the study included more than 12,000 people between the age of 6 to 18. The authors assessed the risk of developing chronic diseases (e.g. an increased blood pressure) depending on the percentage of body fat. The test results indicated that almost 1/3 of the surveyed boys were characterized by increased percentage of body fat ($\geq 20\%$ of total body weight). Increased body fat ($\geq 30\%$ of total body weight) was found in 20% of girls. The authors recognized the risk factors for cardiovascular disease in subjects with an increased percentage of body fat significantly more frequently [58].

The pathogenesis of hypertension associated with obesity is complex and not fully understood. There are several pathophysiological mechanisms that are likely to contribute to the development of hypertension in obese people. These mechanisms are presented in Figure 1.

Insulin resistance and hyperinsulinemia contribute to activation of the sympathetic nervous system (SNS) [60]. Due to the increased activity of SNS, there is a vasoconstriction and decreased renal blood flow, causing the release of renin. The final result of the renin-angiotensin-aldosterone system activation is the retention of sodium and water and increased level of angiotensin,

Procentowa zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie może być zbyt wysoka nawet u osób z prawidłową masą ciała [48]. W latach 80. XX w. po raz pierwszy zwrócono uwagę, że u niektórych osób z prawidłową masą ciała występują podobne zaburzenia metaboliczne, jak u osób otyłych. Wczesna identyfikacja tych osób jest trudna, gdyż problem dotyczy pozornie zdrowych, nieotyłych ludzi. W związku z tym istniejące zaburzenia metaboliczne są zazwyczaj późno wykrywane i leczone. Osoby o prawidłowej masie ciała, u których rozpoznano zaburzenia metaboliczne określa się mianem *metabolicznie otyłych z prawidłową masą ciała* (*metabolically obese normal weight*, MONW) [49]. U osób tych zwiększona ilość tkanki tłuszczowej wiąże się z hiperinsulinemią, insulinoopornością, dyslipidemią aterogenną i podwyższonym ciśnieniem tętniczym [50]. Wyniki badań wskazują, że osoby z wysoką procentową zawartością tkanki tłuszczowej, pomimo prawidłowej masy ciała, charakteryzują się podwyższonym ryzykiem kardiometabolicznym [51, 52]. Ahmad i wsp. ocenili związek pomiędzy procentową zawartością tkanki tłuszczowej a występowaniem otyłości i nadciśnienia tętniczego u osób dorosłych. Autorzy stwierdzili, że procentowa zawartość tkanki tłuszczowej była istotnie wyższa u otyłych z nadciśnieniem tętniczym niż otyłych z prawidłowymi wartościami ciśnienia tętniczego [53]. W populacji pediatrycznej także analizowano powyższe zależności. W 1996 roku Dwyer i Blizzard wykazali, że zwiększona procentowa zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie (powyżej 20% u chłopców oraz 30% u dziewcząt) powiązana jest z wyższym ryzykiem rozwoju nadciśnienia tętniczego i dyslipidemii [54]. Podobnie Plachta-Danielzik i wsp. na podstawie wyników badań ponad 7300 dzieci zauważyli, że u szczupłych dzieci w wieku 9–11 lat zwiększona masa tkanki tłuszczowej powiązana jest z częstszym występowaniem nadciśnienia tętniczego [55]. Drożdż i wsp. także przeanalizowali związek pomiędzy procentową zawartością tkanki tłuszczowej a wartościami ciśnienia tętniczego u dzieci ze szkół podstawowych. Badacze analizowali zawartość tkanki tłuszczowej w trzech grupach dzieci, których wartości ciśnienia tętniczego były: (1) mniejsze niż 50. percentyl, (2) większe niż 50. i mniejsze niż 95. percentyl, (3) większe niż 95. percentyl. Procentowa zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie, w badanych grupach dzieci, wyniosła odpowiednio: 14,0% vs. 16,8% vs. 30,2%. Dzieci ze zdiagnozowanym nadciśnieniem tętniczym charakteryzowały się znacznie wyższą zawartością tkanki tłuszczowej. Wyniki badań autorów wskazały, że procentowa zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie jest ważnym czynnikiem prognostycznym nadciśnienia tętniczego zarówno u otyłych, jak i nieotyłych dzieci [56]. Podobne wyniki uzyskali Brion i wsp. na podstawie badań prawie 8 tysięcy 9-letnich dzieci. Po skorygowaniu wyników względem czynników zakłócających okazało się, że istnieje dodatnia korelacja pomiędzy procentową zawarto-

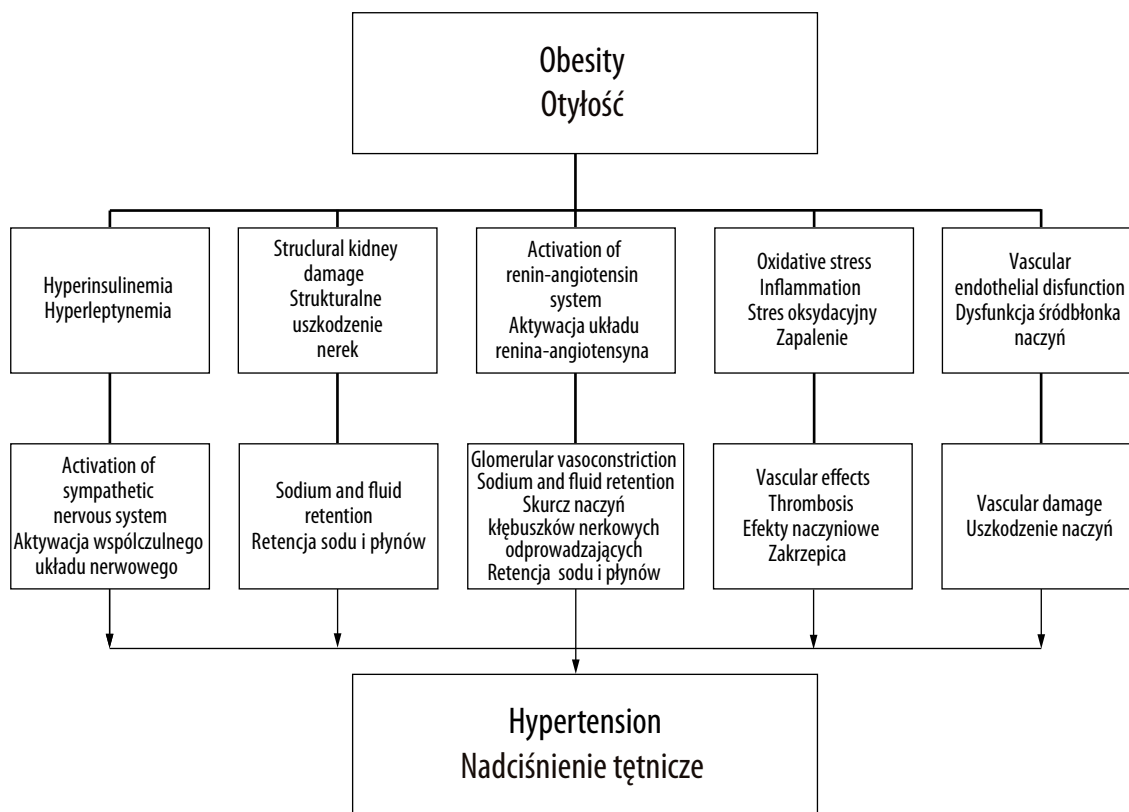


Figure 1. Mechanisms of hypertension associated with obesity. Own study based on [59]

Rycina 1. Mechanizmy nadciśnienia tętniczego związane z otyłością. Opracowanie własne na podstawie [59]

and consequently an increase in blood pressure. Moreover, reduced blood flow through the kidneys may be a result of direct pressure on renal parenchyma by perirenal adipose tissue, which favors the reabsorption of sodium and an increase in blood pressure [61].

Adipose tissue acts not only as energy storage in the human body but it shall be considered as an organ of internal secretion [62]. It produces leptin affecting appetite and energy processes in the body. It was also observed that leptin increases the activity of the sympathetic nervous system and its concentration in the blood is higher in patients with hypertension and obesity [61]. Moreover, obese persons show a reduced production of adiponectin (a hormone produced by mature fat cells which has anti-inflammatory, antiatherogenic, increasing insulin sensitivity effect). According to Shatat et al., adiponectin levels are inversely proportional to the value of blood pressure [63]. Another mechanism explaining the development of hypertension in obese people is oxidative stress and pro-inflammatory cytokines produced in the obese. These proteins are likely to contribute to endothelial dysfunction decreasing local vasodilatation reaction thus enhancing peripheral resistance [59]. Genetic predisposition also plays an important role in the pathogenesis of hypertension associated with obesity [64].

It is believed that not only the excessive body weight leads to an increase in blood pressure, but also high blood

ścią tkanki tłuszczowej w organizmie a wartościami skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego. Autorzy stwierdzili, że procentową zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie można zaliczyć do prognostycznych czynników ciśnienia tętniczego [57]. Going i wsp. przeprowadzili podobne badanie, lecz objęli analizą nie tylko dzieci, lecz także młodzież. Łącznie w badaniu uczestniczyło ponad 12 tysięcy osób w wieku od 6 do 18 lat. Autorzy ocenili ryzyko rozwoju chorób przewlekłych (m.in. zawyżonej wartości ciśnienia tętniczego) w zależności od procentowej zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie. Wyniki badań wskazały, że prawie 1/3 badanych chłopców charakteryzowała się zawyżoną zawartością tkanki tłuszczowej ($\geq 20\%$ całkowitej masy ciała). Zwiększoną zawartość tkanki tłuszczowej ($\geq 30\%$ całkowitej masy ciała) stwierdzono u 20% badanych dziewcząt. Autorzy istotnie częściej rozpoznawali czynniki ryzyka chorób sercowo-naczyniowych u badanych ze zwiększoną procentową zawartością tkanki tłuszczowej w organizmie [58].

Patogeneza nadciśnienia tętniczego związanego z otyłością jest złożona i nie została w pełni wyjaśniona. Istnieje kilka patofizjologicznych mechanizmów, które prawdopodobnie przyczyniają się do rozwoju nadciśnienia tętniczego u osób otyłych. Mechanizmy te przedstawiono na rycinie 1.

Insulinooporność i hiperinsulinemia przyczyniają się do aktywacji współczulnego układu nerwowego (*sympa-*

pressure predisposes to greater weight gain. The reason for these relations is the over-activation of the sympathetic nervous system, reducing the sensitivity of β -adrenergic receptors and consequently difficulty in “burning” excessive calories supplied with food. This phenomenon partly explains the problems with losing weight by people suffering from hypertension, regardless of attempts to use proper diet and physical activity [65].

Summary

Among the modifiable risk factors, excessive weight, especially obesity, and visceral obesity has significant effect on the increase in the prevalence of hypertension. The percentage of body fat is also important. Since the preservation of a healthy lifestyle contributes to the maintenance of good health, therefore, a major challenge is to promote appropriate eating habits and an active lifestyle. The introduction of the correct behaviors and habits from an early age not only supports proper development, but also allows to eliminate the risk factors for many diseases, including hypertension. Therefore, implementation of appropriate prevention programs including the assessment of body composition is necessary.

thetic nervous system, SNS) [60]. W wyniku zwiększonej aktywności SNS, dochodzi do skurczu naczyń krwionośnych i zmniejszonego przepływu krwi przez nerki, co powoduje uwalnianie reniny. Końcowym efektem aktywacji systemu renina-angiotensyna-aldosteron jest retencja sodu i wody oraz wzrost poziomu angiotensyny, a w konsekwencji wzrost ciśnienia tętniczego krwi. Ponadto przyczyną zmniejszonego przepływu krwi przez nerki może być bezpośredni ucisk mięszu poprzez tkankę tłuszczową okołonerkową, co sprzyja reabsorpcji sodu i wzrostowi ciśnienia krwi [61].

Tkanka tłuszczowa pełni rolę nie tylko magazynu energetycznego ustroju człowieka, ale uznaje się ją także za narząd wewnętrzny wydzielania [62]. Wytwarza ona leptynę, wpływającą na łaknienie i procesy energetyczne w ustroju. Zaobserwowano również, że leptyna powoduje zwiększenie aktywności współczulnego układu nerwowego, a jej stężenie we krwi jest wyższe u osób z nadciśnieniem tętniczym i otyłością [61]. Ponadto u osób otyłych obserwuje się zmniejszoną produkcję adiponektyny (hormonu wytwarzanego przez dojrzałe komórki tłuszczowe, o działaniu przeciwzapalnym, przeciwmiażdżycowym, zwiększającym insulinowrażliwość). Według Shatat i wsp. stężenie adiponektyny w osoczu jest odwrotnie proporcjonalne do wartości ciśnienia tętniczego [63]. Innym mechanizmem wyjaśniającym rozwój nadciśnienia tętniczego u osób otyłych jest stres oksydacyjny oraz cytokiny prozapalne wytwarzane u osób otyłych. Białka te najprawdopodobniej przyczyniają się do dysfunkcji śródbłonna naczyń, osłabiając miejscową reakcję rozszerzania naczyń, zwiększając tym samym opór obwodowy [59]. W patogenezie nadciśnienia tętniczego powiązanego z otyłością istotną funkcję pełni również predyspozycja genetyczna [64].

Uważa się, że nie tylko nadmierna masa ciała prowadzi do wzrostu wartości ciśnienia tętniczego, ale również wysokie ciśnienie tętnicze predysponuje do większego przyrostu masy ciała. Przyczyną tych relacji jest nadmierna aktywacja współczulnego układu nerwowego, zmniejszenie wrażliwości β -adrenergicznych receptorów, a w konsekwencji utrudnione „spalanie” nadmiaru kalorii dostarczanych z pożywieniem. Zjawisko to częściowo tłumaczy problemy ze zmniejszeniem masy ciała przez osoby chorujące na nadciśnienie tętnicze, niezależnie od prób stosowania prawidłowej diety i podejmowania aktywności fizycznej [65].

Podsumowanie

Spośród modyfikowalnych czynników ryzyka znaczący wpływ na wzrost częstości występowania nadciśnienia tętniczego ma nadmierna masa ciała, a zwłaszcza otyłość oraz otyłość trzewna. Istotna jest również procentowa zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie. W związku z faktem, że zachowanie zdrowego stylu życia przyczynia się do utrzymania dobrego stanu zdrowia, ważnym wyzwaniem jest zatem promowanie odpowiednich przy-

zwyczajów żywieniowych oraz aktywnego trybu życia. Wprowadzenie poprawnych zachowań i nawyków od najmłodszych lat nie tylko wspiera prawidłowy rozwój, ale pozwala także na eliminację czynników ryzyka wielu chorób, w tym nadciśnienia tętniczego. Konieczne jest zatem wdrażane i realizowane odpowiednich programów profilaktycznych uwzględniających również ocenę składu masy ciała.

Bibliography / Bibliografia

1. Campbell N, Lackland D, Chockalingam A, et al. Executive Board of the World Hypertension League, Executive Committee of the International Society of Hypertension. The International Society of Hypertension and World Hypertension League call on governments, nongovernmental organizations and the food industry to work to reduce dietary sodium. *J Hypertens* 2014;32:446–447.
2. Hajjar I, Kotchen T. Trends in prevalence, awareness, treatment and control of hypertension in the United States, 1988–2000. *JAMA* 2003;290:199–206.
3. Kearney P, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Whelton PK, He J. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet* 2005;365:217–223.
4. Zdrojewski T, Rutkowski M, Bandosz P, et al. Prevalence and control of cardiovascular risk factors in Poland. Assumptions and objectives of the NATPOL 2011 Survey. *Kardiologia Pol* 2013;71:381–392.
5. Lande M, Adams H, Kupferman J, Hooper S, Szilagyi P, Batsky D. A multicenter study of neurocognition in children with hypertension: methods, challenges, and solutions. *J Am Soc Hypertens* 2013;7:353–362.
6. Feber J, Ahmed M. Hypertension in children: new trends and challenges. *Clin Sci (Lond)* 2010;119:151–61.
7. Kardas P, Kufelnicka M, Herczyński D. Nadciśnienie tętnicze u dzieci i młodzieży. Populacja w wieku 9–14 lat, mieszkańcy Łodzi. *Kardiologia Pol* 2005;62:214–216.
8. Ostrowska-Nawarycz L, Nawarycz T. Prevalence of excessive body weight and high blood pressure in children and adolescents in the city of Łódź. *Kardiologia Pol* 2007;65:1079–1087.
9. Kowalska M, Krzych Ł, Siwik P, Zawiasa A. Uwarunkowania występowania nadciśnienia tętniczego u chłopców i dziewcząt w wieku szkolnym w województwie śląskim. *Nad Tętn* 2008;12:269–276.
10. Zespół ekspertów. Wytyczne Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego. Zasady postępowania w nadciśnieniu tętniczym — 2011 rok. *Nad Tętn* 2011;15: 55–82.
11. Lifshitz F, Lifshitz J. Globesity: the root causes of the obesity epidemic in the USA and now worldwide. *Pediatr Endocrinol Rev* 2014;12:17–34.
12. Wang S, Ma W, Wang S, Yi X, Jia H, Xue F. Obesity and its relationship with hypertension among adults 50 years and older in Jinan, China. *PLoS One* 2014;17;9:e114424.
13. Rejman A, Olszanecka-Glinianowicz M, Mizia-Stec K, Zahorska-Markiewicz B. Częstość nadciśnienia tętniczego w populacji otyłych pacjentów Poradni Chorób Metabolicznych. *Nad Tętn* 2006;10:511–517.
14. Nguyen N, Magno C, Lane K, Hinojosa M, Lane J. Association of hypertension, diabetes, dyslipidemia, and metabolic syndrome with obesity: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2004. *J Am Coll Surg* 2008;207:928–934.
15. Szczepaniak-Chicheł L, Mastej M, Jóźwiak J, i wsp. Występowanie nadciśnienia tętniczego w zależności od masy ciała w populacji polskiej — badanie LIPIDOGRAF 2004. *Nad Tętn* 2007;11:195–204.
16. Falkner B. Children and adolescents with obesity-associated high blood pressure. *J Am Soc Hypertens* 2008;2:267–274.
17. Dong B, Ma J, Wang H, Wang Z. The association of overweight and obesity with blood pressure among Chinese children and adolescents. *Biomed Environ Sci* 2013;26:437–444.
18. Januś D, Wójcik M, Kalicka-Kasperczyk A, i wsp. Nadciśnienie tętnicze u otyłych dzieci i nastolatków. *Prz Lek* 2013;70:6–10.
19. Itagi V, Patil R. Obesity in children and adolescents and its relationship with hypertension. *Turk J Med Sci* 2011;41:259–266.
20. Nguyen T, Lau D. The obesity epidemic and its impact on hypertension. *Can J Cardiol* 2012;28:326–333.
21. Kannel W, Garrison R, Dannenberg A. Secular blood pressure trends in normotensive persons: The Framingham Study. *Am Heart J* 1993;125:1154–1158.
22. Moore L, Visionsi A, Qureshi M, Bradlee M, Ellison R, D'Agostino R. Weight loss in overweight adults and the long-term risk of hypertension: the Framingham study. *Arch Intern Med* 2005;165:1298–1303.
23. Grabańska K, Bogdański P. Miejsce leczenia nefarmakologicznego w prewencji i terapii nadciśnienia tętniczego. *Forum Zab Metabol* 2010;1:115–122.
24. Feld L, Corey H. Hypertension in childhood. *Pediatr Rev* 2007;28:283–298.
25. Falkner B, Gidding S, Ramirez-Garnica G, Wiltrout S, West D, Rappaport E. The relationship of body mass index and blood pressure in primary care pediatric patients. *J Pediatr* 2006;148:195–200.
26. Sorof J, Lai D, Turner J, Poffenbarger T, Portman R. Overweight, ethnicity, and the prevalence of hypertension in school-aged children. *Pediatrics* 2004;113:475–482.
27. Lo J, Chandra M, Sinaiko A, et al. Severe obesity in children: prevalence, persistence and relation to hypertension. *Int J Pediatr Endocrinol* 2014;1:3.

28. Rosner B, Prineas R, Daniels S, Loggie J. Blood pressure differences between blacks and whites in relation to body size among US children and adolescents. *Am J Epidemiol* 2000;151:1007-1019.
29. Freedman D, Dietz W, Srinivasan S, Berenson G. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 1999;103:1175-1182.
30. Szałapska M, Stawerska R, Pytasz U, Tomaszewska M, Lewiński A, Hilczer M. Effects of increased fatty tissue content on the occurrence of particular diagnostic criteria for the metabolic syndrome in children with obesity. *Endokr Pediatr* 2009;8:49-58.
31. Lipiec A, Stanczyk-Tomecka D, Stanczyk J. Ocena współistnienia nadciśnienia tętniczego samoistnego z otyłością u dzieci. *Ann UMCS Sect D* 2005;60:274-277.
32. Niemirska A, Litwin M, Grenda R. Otyłość i nadciśnienie tętnicze - narastający problem pediatryczny. *Ped Pol* 2004;79:343–350.
33. Mastalerz–Migas A, Jeziorek J, Koczy M, i wsp. Wpływ wybranych elementów stylu życia dzieci na wartości ciśnienia tętniczego. *Family Med Prim Care Rev* 2009;11:407–410.
34. He F, Rodriguez-Colon S, Fernandez-Mendoza J, et al. Abdominal obesity and metabolic syndrome burden in adolescents–Penn State Children Cohort Study. *J Clin Densitom* 2015;18:30-36.
35. Ostchega Y, Hughes J, Terry A, Fakhouri T, Miller I. Abdominal obesity, body mass index, and hypertension in US adults: NHANES 2007-2010. *Am J Hypertens* 2012;25:1271-1278.
36. Deng W, Wang J, Liu M, et al. Body mass index compared with abdominal obesity indicators in relation to prehypertension and hypertension in adults: the CHPSNE study. *Am J Hypertens* 2013;26:58-67.
37. Chrostowska M, Szyndler A, Paczwa P, Narkiewicz K. Impact of abdominal obesity on the frequency of hypertension and cardiovascular disease in Poland - results from the IDEA study (international day for the evaluation of abdominal obesity). *Blood Press* 2011;20:145-152.
38. Benmohammed K, Nguyen M, Khensal S, Valensi P, Lezzar A. Arterial hypertension in overweight and obese Algerian adolescents: role of abdominal adiposity. *Diabetes Metab* 2011;37:291-297.
39. Kromeyer-Hauschild K, Neuhauser H, Schaffrath Rosario A, Schienkiewicz A. Abdominal obesity in German adolescents defined by waist-to-height ratio and its association to elevated blood pressure: the KiGGS study. *Obes Facts* 2013;6:165-175.
40. Taheri F, Kazemi T, Chahkandī T, Namakin K, Zardast M, Bijari B. Prevalence of Overweight, Obesity and Central Obesity among Elementary School Children in Birjand, East of Iran, 2012. *J Res Health Sci* 2013;13:157-161.
41. Bacardí-Gascón M, Jones E, Jiménez-Cruz A. Prevalence of obesity and abdominal obesity from four to 16 years old children living in the Mexico-USA border. *Nutr Hosp* 2013;28:479-485.
42. Schröder H, Ribas L, Koebnick C, et al. Prevalence of abdominal obesity in Spanish children and adolescents. Do we need waist circumference measurements in pediatric practice? *PLoS One* 2014;9:e87549.
43. Garnett S, Baur L, Cowell C. The prevalence of increased central adiposity in Australian school children 1985 to 2007. *Obes Rev* 2011;12:887-896.
44. Grundy S. Pre-diabetes, metabolic syndrome, and cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:635-643.
45. Szumiło M, Rahden-Staroń I, Dubienecka E. Funkcja wydzielnicza tkanki tłuszczowej w fizjologii i patologii. *Farm Pol* 2007;63:1051-1065.
46. Hajer G, van Haeften T, Visseren F. Adipose tissue dysfunction in obesity, diabetes, and vascular diseases. *Eur Heart J* 2008;29:2959–2971.
47. Zhu S, Wang Z, Shen W, Heymsfield S, Heshka S. Percentage body fat ranges associated with metabolic syndrome risk: results based on the third National Health and Nutrition Examination Survey (1988-1994). *Am J Clin Nutr* 2003;78:228-235.
48. De Lorenzo A, Del Gobbo V, Premrov M, Bigioni M, Galvano F, Di Renzo L. Normal weight obese syndrome: early inflammation? *Am J Clin Nutr* 2007;85:40–45.
49. Ruderman N, Schneider S, Berchtold P. The “metabolically-obese,” normal-weight individual. *Am J Clin Nutr*. 1981;34:1617-1621.
50. Bucyk B, Tupikowska M, Bednarek-Tupikowska G. Kryteria rozpoznania zespołu metabolicznej otyłości z prawidłową masą ciała (MONW). *Endokrynol Otyłość* 2009;5:226–232.
51. Chuang H, Li W, Sheu B, et al. Correlation between body composition and risk factors for cardiovascular disease and metabolic syndrome. *Biofactors* 2012;38:284-291.
52. Kim J, Han S, Yang B. Implication of high-body-fat percentage on cardiometabolic risk in middle-aged, healthy, normal-weight adults. *Obesity (Silver Spring)* 2013;21:1571-1577.
53. Ahmad R, Rahman S, Zaman F, Jan S. Percent body fat and its relationship with obesity and hypertension in adult population of Mingora Swat. *Gomal Journal of Medical Sciences* 2011;9:120-123.
54. Dwyer T, Blizzard C. Defining obesity in children by biological endpoint rather than population distribution. *Int J Obes* 1996;20:472–480.
55. Plachta-Danielzik S, Landsberg B, Johannsen M, Lange D, Müller M. Association of different obesity indices with blood pressure and blood lipids in children and adolescents. *Br J Nutr* 2008;100:208-218.
56. Drożdż D, Kwinta P, Korohoda P, Pietrzyk J, Drożdż M, Sancewicz-Pach K. Correlation between fat mass and blood pressure in healthy children. *Pediatr Nephrol* 2009;24:1735-1740.
57. Brion M, Ness A, Davey Smith G, Leary S. Association between body composition and blood pressure in a con-

- temporary cohort of 9-year-old children. *J Hum Hypertens* 2007;21:283-290.
58. Going S, Lohman T, Cussler E, Williams D, Morrison J, Horn P. Percent body fat and chronic disease risk factors in U.S. children and youth. *Am J Prev Med* 2011;41(Suppl 2):S77-86.
59. Becton L, Shatat I, Flynn J. Hypertension and obesity: epidemiology, mechanisms and clinical approach. *Indian J Pediatr* 2012;79:1056-1061.
60. Rahmouni K, Haynes W. Leptin and the cardiovascular system. *Recent Prog Horm Res* 2004;59:225-244.
61. Grøntved A, Steene-Johannessen J, Kynde I, et.al. Association between plasma leptin and blood pressure in two population-based samples of children and adolescents. *J Hypertens* 2011;29:1093-1100.
62. Mazur A, Matusik P, Małecka-Tendera E. Tkanka tłuszczowa jako narząd wydzielania wewnętrznego. *Ped Pol* 2010;85:255-264.
63. Shatat I, Freeman K, Vuguin P, Dimartino-Nardi J, Flynn J. Relationship between adiponectin and ambulatory blood pressure in obese adolescents. *Ped Res* 2009;65:691-695.
64. Rahmouni K. Obesity-associated hypertension: recent progress in deciphering the pathogenesis. *Hypertension* 2014;64:215-221.
65. McCully K. Chemical pathology of homocysteine. I. Atherogenesis. *Ann Clin Lab Sci* 1993;23:477-493.