

Zmiany w hemodynamice przepływu krwi w kończynach dolnych na przykładzie pomiarów termograficznych

Changes in the haemodynamics of blood flow to the lower limbs on example of thermography measurements

Żanna Fiodorenko-Dumas¹, Maciej Rabczyński², Małgorzata Paprocka-Borowicz¹, Rafał Małecki², Rajmund Adamiec²

¹Katedra i Zakład Fizjoterapii, Wydział Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu (Department of Physiotherapy, Faculty of Health Science, Wrocław Medical University, Poland)

²Katedra i Klinika Angiologii, Nadciśnienia Tętniczego i Diabetologii, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu (Department of Angiology, Hypertension and Diabetology, Wrocław Medical University, Poland)

Streszczenie

Wstęp. Przepływ krwi w naczyniach tętniczych i żylnych różnych narządów odbywa się zgodnie z różnicą wartości ciśnień naczyniowych skurczowych i rozkurczowych oraz jest zależny od wielu czynników związanych z regulacją zmiany średnicy naczynia. Proces chorobowy, jakim jest miażdżycy, może w sposób istotny utrudniać dostęp krwi do narządów położonych dystalnie. Dostępne metody diagnostyczne mogą w sposób istotny przyczynić się do szybszej interwencji służącej zahamowaniu procesu chorobowego.

Praca bada przydatność metody termografii do oceny zmian w hemodynamice przepływu krwi w kończynach dolnych u osób z niedokrwieniem II stopnia według Fontaine'a.

Materiał i metody. Do badań zakwalifikowano 50 osób z niedokrwieniem kończyn dolnych II stopnia, czekających na zabieg endowaskularny oraz 49 osób bez stwierdzonej miażdżycy kończyn dolnych, z chorobami współistniejącymi charakterystycznymi dla tej grupy wiekowej. Pomiar temperatury kończyn dolnych wykonano kamerą termowizyjną Trotec IR 060.

Wyniki. Ocena temperatury kończyn dolnych u osób z ich niedokrwieniem wykazała istotne różnice w średnich wartościach w porównaniu z osobami zdrowymi (35,4 vs. 36,5°C). Ponadto czynnikiem determinującym ewaluację zmian wartości temperatury był czas trwania choroby — w badanej grupie mały one wraz z upływem czasu trwania choroby z 35,8 do 35,1°C.

Wnioski. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że proces chorobowy w postaci niedokrwienia kończyn dolnych znalazł odzwierciedlenie w średnich wartościach temperatury skóry kończyn w badanych grupach, wynoszących $1,1^{\circ}\text{C} \pm 0,7$. Wyniki badania kamerą termowizyjną potwierdziły zależność między czasem trwania choroby a zmianami temperatury kończyn dolnych. Rejestracja przepływu krwi w tętnicach kończyn dolnych wykonana za pomocą kamery termowizyjnej może wnieść wiele interesujących informacji służących ocenie zmian krążenia we wskazanym obszarze.

Słowa kluczowe: miażdżycy, niedokrwienie, temperatura

Abstract

Introduction. The flow of blood in the arterial and venous vessels of various organs is holds according to the difference of the value of systolic and diastolic pressures and is dependent from many factors connected with the control of the change of the vessel diameter. Arteriosclerosis can make difficult the access of the blood in the essential way to organs laid distally. Available diagnostic methods can increase in the essential way to the quicker intervention in the inhibition of the morbid process.

Adres do korespondencji:

dr n. med. Żanna Fiodorenko-Dumas
Katedra i Zakład Fizjoterapii, Wydział Nauk o Zdrowiu
Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
ul. Grunwaldzka 2, 50–355 Wrocław
tel.: +48 605 955 424
e-mail: z.fiodorenko@poczta.onet.pl

The valuation of usability of method of thermography to rating of haemodynamics changes of blood flow in lower limbs at persons with ischaemia in II period according to Fontaine'a is the aim of study.

Material and methods. Fifty persons was qualified to surveys in II period of the ischaemia of lower limbs, waiting on the endovascular intervention and 49 persons without the affirmed arteriosclerosis of lower limbs, with diseases coexisting characteristic for this aged group. The measurement of the temperature of lower limbs, was made with termographic camera Trotec IR 060.

Results. The assessment of the temperature of lower limbs at persons with their ischaemia showed significant differences in average values in the comparison with healthy persons (35,4 vs. 36,5°C). The time of duration of the disease moreover was factor determining the evaluation of the changes of the value of the temperature — they diminished together with outflow of time of duration of the disease from 35,8 on 35,1°C in the studied group.

Conclusions. Conducted studies let certify, that morbid process in the character of the ischaemia of lower limbs found reflection in the average values of the temperature on the skin surface of limbs in studied groups carrying out $1.1^{\circ}\text{C} \pm 0.7$. The results of the examination with the thermographic camera confirmed dependence between the time of duration of the disease and the changes of the temperature of lower limbs. The registration of the range of the flow blood in the arteries of lower limbs made using the thermal photography can provide many interesting information to the valuation of the changes of the circulation in the indicated area.

Key words: arteriosclerosis, ischaemia, thermography

Acta Angiol 2014; 20, 4: 141–146

Wstęp

Przewlekłe niedokrwienie kończyn dolnych zaliczane jest do przewlekłych chorób cywilizacyjnych. Jest to zespół objawów wynikających ze znacznego zwężenia lub zamknięcia głównych szlaków tętniczych. Źródłem tego schorzenia są zmiany patologiczne naczyń. Zubożenie ukrwienia dużych obszarów mięśniowych kończyn powoduje destabilizację funkcji śródbłonka naczyniowego, a także przyczynia się do powstania systemowej reakcji zapalnej. Czynniki ograniczające przepływ krwi mogą być bardzo różne. Należą do nich budowa anatomiczna naczyń, średnica naczyń, a także rodzaj oporności naczyniowej [1]. Czynniki neuro- i angiogenne, reologiczny skład krwi, obecność przeszkód anatomicznych i chorobowych na drodze przepływu oraz stopień wykształcenia dróg krążenia obocznego mają wpływ na objętość i prędkość przepływu krwi. Dodatkowymi przeszkodami zmieniającymi i utrudniającymi przepływ krwi mogą być obecność lub brak wykształconych dróg krążenia obocznego. Piśmiennictwo podaje dwa typy przepływu krwi: laminarny — związany z równoległym przepływem elementów morfotycznych krwi oraz turbulentny — pojawiający się w przypadku zaburzeń poruszania elementów morfotycznych krwi [2]. Czynniki ogólne, takie jak nadciśnienie i niedociśnienie tętnicze, cukrzyca, hipercholesterolemia, mają udział w dysfunkcji śródbłonka naczyń tętniczych i dysregulacji naczyniowej, których

następstwem jest zmiana wartości oporu obwodowego i zmniejszenie przepływu krwi w naczyniach [3, 4].

Całkowitą częstość występowania choroby tętnic obwodowych (PAD, *peripheral artery disease*) oceniono w kilku badaniach epidemiologicznych, opierając się na obiektywnych danych. Wynosi ona 3–10% i wzrasta do 15–20% u osób powyżej 70. roku życia [5].

Najczęściej stosowanym testem w nieinwazyjnej ocenie niedokrwienia jest pomiar wskaźnika kostka–ramię (ABI, *ankle-brachial index*), czyli ciśnienia skurczowego kostkowo-ramiennego. Spoczynkowe ABI, wynoszące $\leq 0,90$, jest związane z istotnym hemodynamicznym zwężeniem tętnic i często jest używane jako hemodynamiczna definicja PAD. Występowanie chromania wzrasta od 3% u pacjentów w wieku około 40 lat do 6% u pacjentów około 60. roku życia [6].

W celu diagnostyki występowania objawów chromania stosuje się testy wysiłkowe odpowiednio skonstruowane dla tej grupy chorych.

Rozwój techniki pozwala na coraz dokładniejsze obrazowanie morfologii naczyń. Ultrasonografia metodą Dopplera — badanie najbardziej rozpowszechnione — pozwala z dużą dokładnością zlokalizować zwężenie lub niedrożność naczyń. Dzięki ocenie dodatkowych parametrów, takich jak wartość prędkości i analiza widma przepływu krwi, można ocenić, w jaki sposób zmiany w naczyniu wpływają na hemodynamikę krążenia [7].

Arteriografia, uważana nadal za „złoty standard” w badaniach naczyniowych, pozwala uwidocznić przepływ krwi w naczyniach. Jest to badanie bardzo wartościowe i niezbędne podczas coraz częściej wykonywanych procedur endowaskularnych. Jest jednak inwazyjne i wymaga dostępu do naczynia i podania kontrastu, mogącego spowodować reakcje uczuleniowe lub niewydolność nerek. Podczas wykonywania badania zdarzają się również uszkodzenia jatrogenne [8, 9].

Angiografia, tomografia komputerowa i rezonansu magnetycznego są badaniami kosztownymi. Pozwalają dokładnie, ale w sposób statyczny, ocenić morfologię naczyń i zaburzenia ukrwienia. Ze względu na obciążenie promieniowaniem RTG badania te nie mogą być wykonywane często, a więc ich powtarzalność jest ograniczona [10].

Wydaje się, że istotne jest znalezienie metody diagnostycznej pozwalającej na rzeczywistą ocenę utlenowania tkanek, a więc podstawowego mechanizmu, który jest odpowiedzialny za wystąpienie objawów. Miałoby to zasadnicze znaczenie zarówno w ocenie stopnia niedokrwienia, jak również w sposób obiektywny pozwoliłoby ocenić skuteczność leczenia zachowawczego i operacyjnego.

Mało popularna metoda termowizyjna jest nieinwazyjna i nie wymaga użycia drogiego i skomplikowanego sprzętu. Polega ona na obserwacji i zapisie rozkładu promieniowania podczerwonego wysyłanego przez każde ciało, którego temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego i przekształceniu tego promieniowania w światło widzialne, z zamianą mocy promieniowania na stopień jasności lub barwę obrazu. Uzyskane obrazy termowizyjne (termogramy) ukazują rozkład temperatury w postaci pól określonego koloru. Istnieje również możliwość komputerowej analizy obrazów termalnych w celu wyznaczenia wartości temperatury w zadanych obszarach. Metoda ta umożliwia zbadanie rozkładu temperatury na określonej powierzchni w sposób bezkontaktowy, nie zakłócając prowadzonego leczenia [11].

Celem prowadzonych badań była ocena ukrwienia kończyn dolnych metodą termowizji w wybranych obszarach u chorych na niedokrwienie kończyn dolnych II stopnia według Fontaine’a. Celem dodatkowym było zbadanie zależności między czasem trwania choroby a zmianą wartości zmierzonych temperatur oraz wskazanie obszaru największego obniżenia ucieplenia kończyn dolnych.

Material i metody

Badano grupę pacjentów chorujących na niedokrwienie kończyn dolnych stopnia IIb według Fontaine’a,

Tabela I. Charakterystyka kliniczna grupy I
Table I. The clinical profile of group I

Zmienna	(n)	(%)
Czas trwania choroby		
Rok	7	14
3 lata	12	24
5 lat	11	22
Więcej niż 6 lat	20	40
Pierwsze objawy choroby		
Drętwienie kończyn dolnych	16	32
Oziębienie kończyn dolnych	2	4
Zmiany koloru skóry	1	2
Ból po przejściu pewnego odcinka	36	72
Choroby towarzyszące		
Cukrzyca	21	42
Nadciśnienie tętnicze	30	60
Przebyty udar	5	10
Przebyty zawał serca	8	16
Hipercholesterolemia	1	2

hospitalizowanych w Akademickim Szpitalu we Wrocławiu. Z badania wyłączono pacjentów ze zmianami troficznymi w obrębie kończyn dolnych, zaburzeniami czucia wynikającymi z niedokrwienia (neuropatie czuciowe), bez objawu chromania, z rozpoznaną chorobą psychiczną oraz w przypadku braku świadomej i dobrowolnej zgody na udział w badaniu.

Do grupy zakwalifikowano 50 osób z niedokrwieniem stopnia II według Fontaine’a, z objawami chromania pojawiającymi się przed przejściem dystansu 200 metrów (grupa II), 38 mężczyzn i 12 kobiet w wieku 46–66 i więcej lat. Średnia wieku mężczyzn $64,4 \pm 6$ lat, średnia wieku kobiet $62,7 \pm 6,9$ roku.

Grupę kontrolną stanowiło 49 osób bez stwierdzonej miażdżycy kończyn dolnych, z chorobami współistniejącymi charakterystycznymi dla tej grupy wiekowej, którzy swój wolny czas spędzali w jednym z wrocławskich klubów seniora. W zakwalifikowanej do badań grupie ochotników było 18 mężczyzn i 31 kobiet. Średnia wieku mężczyzn wynosiła $68,2 \pm 5,6$ roku, średnia wieku kobiet $65,8 \pm 5,4$ roku. Charakterystykę kliniczną grupy I przedstawiono w tabeli I.

Ocenę rozkładu temperatur w obrębie kończyn dolnych wykonano ręczną kamerą termowizyjną IC060 firmy Trotec GMBH, służącą do pomiaru temperatury ciał i obiektów. Zakres pomiaru wynosi od -20 do $+250^{\circ}\text{C}$, kamera charakteryzuje się wysoką czułością termiczną ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ przy 30°C), posiada rozdzielczość geometryczną 2,2 mrad.

Tabela 2. Porównanie temperatur kończyny prawej i lewej w jednej grupie chorych
Table 2. Comparison of the temperatures of right and left limb in the group of ill

Grupa	Kończyna prawa		Kończyna lewa		Test t-Studenta	
	Średnia temp. (°C)	SD	Średnia temp. (°C)	SD	t	p
I	35,5	1,0	35,3	1,1	0,938	0,353

SD (*standard deviation*) — odchylenie standardowe, t — wynik testu t-Studenta

Pacjenci, którym została zmierzona temperatura, znajdowali się w pozycji stojącej, celowano w obszar powyżej i poniżej stawu kolanowego, uśredniano uzyskane wartości. Pomiar dotyczył obu kończyn dolnych. W celu osiągnięcia większej rzetelności otrzymany wyniki każde badanie termowizyjne powtarzano kilkakrotnie. Wszystkie badania wykonano w stałych, porównywalnych warunkach środowiska fizycznego, zgodnie z wytycznymi Europejskiego Towarzystwa Termologicznego.

Skorzystano z kwestionariusza własnego autorstwa, uwzględniającego strukturę socjodemograficzną badanych grup, ich wiek, wykształcenie i miejsce zamieszkania. Analizie poddano objawy przedmiotowe choroby, czas ich trwania oraz przebieg dotychczasowego leczenia.

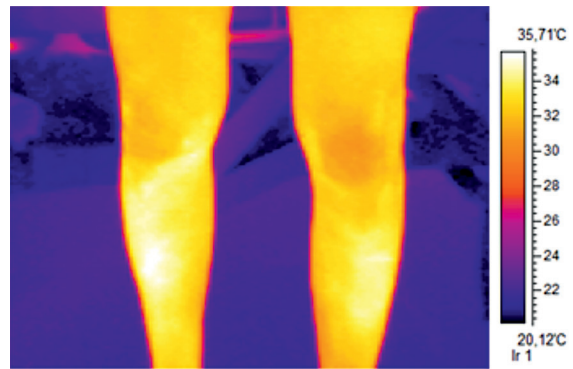
Wyniki

Jednym z objawów przedmiotowych miażdżycy zarostowej tętnic jest obniżona temperatura kończyny objętej procesem chorobowym, poniżej zamkniętego naczynia. Bardzo często wzrost temperatury jest zwiastunem pomyślnego postępowania terapeutycznego.

Obserwując rozkład temperatur zarówno dla obu kończyn, jak i dla okresu chorobowego, w którym znajdował się pacjent, można zauważyć, że różnice były niewielkie i nieistotne statystycznie (tab. 2, ryc. 1).

Ocena temperatury kończyn dolnych za pomocą kamery termowizyjnej pozwoliła stwierdzić, że średnia temperatura w grupie kontrolnej różni się istotnie od średniej temperatury w grupie I (wynik porównania testem *post hoc*). Na podstawie wyników należy wywnioskować, iż pojawiający się proces chorobowy wpłynął w sposób istotny na zmianę temperatury, która znacznie odbiega od wartości temperatury u osób, u których nie zdiagnozowano niedokrwienia kończyn dolnych (tab. 3).

W grupie I średnie wartości temperatur malały wraz z upływem czasu trwania choroby (35,8–35,1). Jest to potwierdzenie postępowania procesu chorobowego i niezadowolających prognoz dotyczących leczenia. Obniżenie temperatury o 0,5°C świadczy o rozwijającym się procesie patologicznym w badanych obszarze. Ponadto dostarcza informacji o przewlekłości niedokrwienia kończyn dolnych i powinno być cenną



Rycina 1. Obraz termograficzny kończyn dolnych pacjenta z niedokrwieniem w stopniu IIb według Fontaine'a

Figure 1. Termographic figure of patient lower limbs with ischaemia in the stage IIb according to Fontaine

Tabela 3. Temperatura kończyn dolnych (średnia z obu kończyn) w dwóch porównywanych grupach

Table 3. The temperature of lower limbs (average from both limbs) in two compared groups

Grupa	Średnia temp. (°C)	SD	ANOVA	
			F	p
I	35,4	0,8	37,53	< 0,0001
Grupa kontrolna	36,5	0,7		

SD (*standard deviation*) — odchylenie standardowe, F — wynik testu Fishera

wskazówką dla pacjentów bagatelizujących pierwsze objawy choroby. Choć średnie zmiany temperatur są niewielkie i znacznie mniejsze od odchyłeń standardowych, przez co nie mogą być uznane za statystycznie istotne, to czynnik czasu okazuje się być niekorzystny dla tej grupy chorych (tab. 4).

Dyskusja

Choroby układu krążenia o podłożu miażdżycowym są głównym problemem zdrowotnym dorosłej populacji w wysokorozwiniętych społeczeństwach, również w Polsce.

Przewlekłe niedokrwienie kończyn dolnych w zdecydowanej większości ma podłoże miażdżycowe. Zmiany są zwykle zlokalizowane na poziomie udowo-pod-

Tabela 4. Analiza wpływu czasu trwania choroby na wyniki termometrii w grupie I**Table 4.** The analysis of the influence of the time of disease on results termography in group I

Czas trwania choroby	(n)	Temperatura kończyn	
		Średnia temp. (°C)	SD
Rok	7	35,80	0,69
3 lata	12	35,59	0,62
5 lat	11	35,45	0,72
Więcej niż 6 lat	20	35,10	0,89

SD (*standard deviation*) — odchylenie standardowe

kolanowym, biodrowo-udowym lub wielopoziomowo. Przebieg choroby ma charakter przewlekły, z okresami zaostrzeń. Choroba może być leczona zachowawczo lub operacyjnie w zależności od nasilenia objawów i charakteru zmian zwięzających tętnice.

Dostępne i popularne metody diagnostyczne pozwalają postawić szybką diagnozę i podjąć leczenie. Wykonane badania miały na celu sprawdzenie przydatności metody termowizyjnej do wykrywania zmian temperatury skóry kończyn dolnych, które objęte są procesem chorobowym pod postacią niedokrwienia. Termowizja pozwala na zdalny, bezdotykowy pomiar temperatury powierzchniowej, polegający na analizie promieniowania podczerwonego docierającego do detektora. Przedstawianie rozkładów temperatur, niewidzialnych dla ludzkiego oka, za pomocą zdjęć termowizyjnych stało się coraz bardziej popularne w diagnostyce medycznej. Termografia była całkowicie nieinwazyjną, bezbolesną oraz bezpieczną dla badanego metodą diagnostyczną umożliwiającą określenie stanu fizjologicznego badanych tkanek czy narządów na podstawie emitowanego promieniowania podczerwonego. Metoda ta unaoczniła tempo przemian metabolicznych w danej okolicy, związane z lokalnym ukrwieniem. Zaletą była również możliwość archiwizacji danych za pomocą termogramów, co pozwalało na ocenę skuteczności leczenia i postępu choroby [12, 13].

Pierwsze próby zastosowania tej metody podjęła Borodulin oraz Markiewicz i Bednarzewski [14], którzy mierzyli temperaturę skóry klatki piersiowej u pacjentów ze świeżym zawałem serca. Borodulin stwierdziła, że temperatura u jej pacjentów obniżyła się podczas incydentu o 0,5°C. Obniżenie to utrzymywało się przez 5 dni, a u osób z ciężkim przebiegiem zawału nawet przez 10 dni. Podobne obserwacje dotyczą chorych badanych przez Markiewicza i Bednarzewskiego — obniżenie temperatury w pierwszym dniu dotyczyło

60% osób, w drugim 54%, a w trzecim 36%, średnio o 0,1–2,2°C [14, 15].

Pietruszka [16] oceniał stan ukrwienia kończyn dolnych u pilotów wojskowych oraz u chorych z niedokrwieniem kończyn dolnych, zarówno przed, jak i po leczeniu zachowawczym. Różnica temperatur na przedniej stronie goleni w obu badanych grupach była istotna statystycznie i wynosiła 1,29°C na prawej nodze i 1,16°C na lewej na korzyść grupy pilotów. Analiza termogramów ujawniła, że średnie wartości temperatur były istotne statystycznie i świadczyły o niedokrwieniu kończyn dolnych. Po zastosowaniu leczenia ujawnił się wyraźny wzrost średniej temperatury zarówno prawej, jak i lewej strony, w stosunku do grupy osób zdrowych. Różnica w zakresie średniej wartości utrzymywała się na poziomie 0,66–0,3°C. W obrazie symetrycznym różnica temperatur większa niż 0,5°C oznaczała proces patologiczny [16, 17].

W celu wykrycia anomalii związanych z niedokrwieniem autorzy pracy poddali analizie wyniki termometrii kończyn dolnych zarówno w grupie chorych, jak i w grupie zdrowych osób.

Wyniki badań autorów potwierdzały wpływ procesu patologicznego, jakim była miażdżycza kończyn dolnych, na uzyskane wyniki w grupie I i grupie kontrolnej. W przypadku grupy I różnica w średnich wartościach temperatur wynosiła 1,1°C (tab. 3).

Autorzy pracy oceniali, czy stopień niedokrwienia znalazł swoje odzwierciedlenie w badaniu termowizyjnym (wynik porównania testem *post hoc*) (tab. 4). Obserwując rozkład temperatur zarówno dla kończyn, jak i okresu chorobowego, w którym znajdował się pacjent, można było zauważyć, że powierzchniowa temperatura kończyn u badanych osób z grupy I spadała wraz z postępowaniem procesu chorobowego. Pomimo pojawiających się doniesień dotyczących pomiarów termowizyjnych u osób z miażdżyczą kończyn dolnych [11, 15], autorzy pracy na podstawie przeprowadzonych badań mogli określić spadek temperatur w zależności od stopnia zaawansowania choroby.

Zgromadzona literatura nie pozwoliła odpowiedzieć na pytanie, czy długość trwania procesu chorobowego ma wpływ na wyniki badania termowizyjnego. Pomimo możliwości zaprognozowania takiej zależności, autorzy zbadali relacje obu zmiennych. Wyniki w grupie I (35,8–35,1) potwierdziły zależność między czasem trwania choroby a zmianami temperatury kończyn dolnych. W ciągu 6 lat doszło do obniżenia temperatury o 0,5°C, co świadczyło o szybkości rozwijającego się procesu patologicznego w badanym obszarze. Powinno to być cenną wskazówką, szczególnie dla pacjentów bagatelizujących pierwsze objawy choroby, a ponadto

pewnym wskaźnikiem rokowniczym dla osób z niedokrwieniem kończyn dolnych (tab. 4). Przedstawione wyniki potwierdzają, że rokowanie dla pacjentów biorących udział w badaniu jest niepomyślnie i odwrotnie proporcjonalne do upływającego czasu.

Wnioski

1. Badanie termowizyjne okazało się nieinwazyjną i bezbolesną metodą diagnostyczną służącą do oceny temperatury powierzchniowej kończyn dolnych u pacjentów z niedokrwieniem o podłożu miażdżycowym.
2. Proces chorobowy, jakim jest miażdżycza kończyn dolnych, wpłynął na obniżenie temperatury średnio o $1,1^{\circ}\text{C} \pm 0,7$ w porównaniu z grupą zdrowych ochotników.
3. Czas trwania schorzenia stanowił istotną zmienną wpływającą w sposób niekorzystny na wyniki badania termowizyjnego; średni spadek temperatury w okresie 6 lat wyniósł $0,5^{\circ}\text{C}$.

Piśmiennictwo

1. Harris A (2003) Inhibitory anhidryzy węglanowej. Wpływ na krążenie mózgowe i oczne. Górnicki Wydawnictwo Medyczne, Wrocław: 23–61.
2. Davies PF (1995) Flow-mediated endothelial mechanotransduction. *Physiol Rev*; 75: 519–560.
3. Ravensbergen J, Ravensbergen JW, Krijger JKB (1998) Localizing role of hemodynamics in atherosclerosis in several human vertebrobasilar junction geometries. *Arterioscl Thromb Vasc Biol*; 18: 708–716.
4. Nagel T, Resnik N, Dewey CF Jr et al (1999) Vascular endothelial cells respond to spatial gradients in fluid shear stress by enhanced activation of transcription factors. *Arterioscl Thromb Vasc Biol*; 19: 1825–1834.
5. Selvin E, Erlinger TP (2004) Prevalence of and risk factors for peripheral arterial disease in the United States: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2000. *Circulation*; 110: 738–743.

6. Fowkes FG, Housley E, Cawood EH, Macintyre C, Ruckley CV, Prescott RJ (1991) Edinburgh Artery Study: prevalence of asymptomatic and symptomatic peripheral arterial disease in the general population. *Int J Epidemiol*; 20: 384–392.
7. Hiatt WR, Hoag S, Hamman RF (1995) Effect of diagnostic criteria on the prevalence of peripheral arterial disease. The San Luis Valley Diabetes Study. *Circulation*; 91: 1472–1479.
8. Pruszyński B, Graban W, Królicki L, Wesołowski J (1990) Rozpoznawanie chorób naczyń. W: Rykowski H (red) Choroby naczyń. PZWL, Warszawa: 79.
9. Reid SK, Pagan HJO, Menzoian J et al (2001) Contrast-enhanced moving table M.R. angiography; prospective comparison to catheter arteriography for treatment planning in arterial occlusive disease. *J Vasc Interv Radiol*; 12: 45–53.
10. Teresińska A (1994) Pozytrona Emisyjna Tomografia PET w Kardiologii. W: Tomografia Emisyjna w Kardiologii. Wyd Inst Kardiol, Warszawa: 125.
11. Wittchen W (1988) Zastosowanie badań termowizyjnych we współczesnej technice pomiarowej, Sprawozdanie IMŻ, S-00211/BS.
12. Nowakowski A (2001) Postępy termografii — aplikacje medyczne. Wyd Gdańskie, Gdańsk.
13. Żuber J, Jung A (1997) Metody termograficzne w diagnostyce medycznej. Wyd Bamar, Warszawa.
14. Markiewicz M, Bednarzewski J (1995) Zachowanie się ciepłoty skóry przedniej powierzchni klatki piersiowej w zawale serca. *Pol Tyg Lek*; 20: 1893–1896.
15. Prasał M, Sawicka KM, Wysokiński A (2010) Termowizja jako metoda diagnostyczna stosowana w kardiologii. *Kardiol Pol*; 68: 1052–1056.
16. Pietruszka M (2003) Ocena przydatności metody termowizyjnej i metody ultrasonograficznej w badaniach ukrwienia kończyn dolnych dla celów klinicznych oraz orzecznictwa lotniczo-lekarskiego. *Polski Przegląd Medycyny Lotniczej*; 9 (3).
17. Verheye S, De Meyer GR, Van Langenhove G et al (2002) In vivo temperature heterogeneity of atherosclerotic plaques is determined by plaque composition. *Circulation*; 105: 1596–1601.