

Ocena odległego wpływu pobrania tętnicy promieniowej do pomostowania tętnic wieńcowych na sprawność i ukrwienie kończyny górnej



Assessment of long-term results of the efficiency and blood supply of the upper limb after harvesting the radial artery as material for coronary artery bypass grafting

Piotr Kowalczyk¹, Oktawian Knap², Agnieszka Kempieńska², Mirosław Parafiniuk², Krzysztof Mokrzycki¹, Mariusz J. Listewnik¹, Mirosław Brykczyński¹

¹Katedra i Klinika Kardiologii Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie

²Zakład Medycyny Sądowej Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie

Kardiologia i Torakochirurgia Polska 2009; 6 (1): 17–22

Streszczenie

Wstęp: Pod względem częstości wykorzystywania tętnica promieniowa jest trzecim, po żyłę odpiszczelowej i tętnicy piersiowej wewnętrznej, naczyniem używanym do pomostowania aortalno-wieńcowego, zwłaszcza gdy brakuje nadających się do pobrania żył lub zamierza się wykonać pełną rewaskularyzację tętniczą.

Cel pracy: Celem niniejszej pracy była próba ustalenia odległego wpływu pobrania tętnicy promieniowej na sprawność i ukrwienie kończyny górnej.

Materiał i metody: Badaniem wykonanym w 3–7 lat (śr. 5,6) po operacji serca objęto 58 pacjentów – 3 kobiety i 55 mężczyzn w wieku 40–77 lat (śr. 53,8). W ramach badań przeprowadzono ankietę dotyczącą jakości życia, badanie przedmiotowe, badanie termograficzne i test zmęczenia.

Wyniki: W badaniach ankietowych 42 (72,5%) pacjentów nie zgłaszało żadnych dolegliwości ze strony operowanej kończyny, a kolejnych 11 (18,9%) określiło dolegliwości jako nieistotne. Pięć osób badanych (8,6%) odczuwało nieznaczne dolegliwości, które nie wpływały na prawidłowe funkcjonowanie kończyny. U żadnego z chorych nie stwierdzono zmian troficznych ani zaników mięśniowych. W badaniach termograficznych stwierdzono niemal identyczny przebieg krzywych wygrzewania dla kończyny operowanej i nieoperowanej, a przeprowadzone próby zmęczenia nie wykazały istotnej asymetrii w obrębie obydwu kończyn.

Wnioski: 1. Niski stopień nasilenia niekorzystnych zjawisk związanych z pobraniem tętnicy promieniowej w badaniu odległym wskazuje na brak istotnych przeciwwskazań do pobrania tej tętnicy jako materiału na pomosty aortalno-wieńcowe. 2. Przedoperacyjny ujemny wynik testu Allena jest wystar-

Abstract

Background: Despite progress in the treatment of IHD, the patients' vessels are still used as the material for CABG, usually the saphenous vein, mammary or radial artery (RA).

Aim: The aim of this study was to evaluate the influence of RA harvesting on the efficiency forearm blood supply.

Material and Methods: The study was carried out on a group of 58 patients of both sexes, at mean age 55, operated on a mean of 5.6 years before the examination. A physical examination was carried out on the group of patients and a questionnaire concerning the quality of life was administered. Dynamic thermographic examination was performed in which the cold provocation test was employed and finally, dynamometric examination estimated exercise ability.

Results: There were neither trophic changes nor any form of muscular atrophy. Responding to the questionnaire, 72.5% of patients did not have any complaints concerning the operated forearm, while 18.9% stated their complaints as insignificant. Five of the patients said that they experienced discomfort, which did not influence the functioning of their hand. Dynamometric examinations carried out did not reveal significant asymmetry between both limbs, as well as thermographic procedure, which showed almost the same pattern of heating curve of operated and non-operated extremity.

Conclusions: The expression of pathological changes connected with RA harvesting in long-term observation reveals no contraindications for the harvesting of the vessel for CABG material. Preoperative negative Allen's test is a good prognostic tool of efficiency of collateral upper limb blood supply after RA harvesting.

Key words: radial artery, coronary artery bypass, quality of life.

Adres do korespondencji: lek. med. Piotr Kowalczyk, Klinika Kardiologii PAM, al. Powstańców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin, tel. +48 91 466 13 91, faks +48 91 466 13 93, e-mail: olsen44@wp.eu

czającym narzędziem do prognostycznej oceny wydolności krążenia obocznego kończyny górnej nie tylko w okresie okołoperacyjnym, ale również odległym.

Słowa kluczowe: tętnica promieniowa, pomosty aortalno-wieńcowe, jakość życia.

Wstęp

Historia chirurgicznego leczenia choroby wieńcowej liczy sobie już ponad 50 lat, choć prawdziwie burzliwy rozwój tej dyscypliny rozpoczął się w końcu lat 60. XX wieku po ukazaniu się doniesień Kolesova i Favaloro, wprowadzających nową jakość w technice operacyjnej – pomosty omijające z wykorzystaniem tętnicy piersiowej wewnętrznej i żyły odpiszczelowej w miejsce stosowanych wcześniej udrożeń i plastik [1, 2]. Pomimo dalszego postępu, jaki dokonał się w leczeniu niedokrwienia serca, od tamtego czasu nadal jedynym materiałem do wykonania pomostów są naczynia własne chorego. Brak żył nadających się do wykorzystania jako materiał na pomosty wieńcowe lub chęć wykonania u chorego pełnej rewaskularyzacji tętniczej są najczęstszą przyczyną użycia tętnicy promieniowej. Warunkiem jej pobrania jest stwierdzenie wystarczającego przepływu przez tętnicę łokciową oraz łuk dłoniowy powierzchowny i głęboki. Wykorzystanie tętnicy w znacznej części odpowiedzialnej za ukrwienie przedramienia i dłoni może jednak rodzić pewne wątpliwości dotyczące ewentualnych bliskich i odległych następstw takiego sposobu postępowania.

Cel pracy

Celem niniejszej pracy była próba ustalenia odległego wpływu pobrania tętnicy promieniowej na sprawność i ukrwienie kończyny górnej.

Materiał i metody

Spośród 5148 pacjentów, u których w latach 1998–2003 wykonano w Klinice Kardiologii Pomorskiej AM w Szczecinie pomostowanie tętnic wieńcowych, u 277 wykonano przynajmniej jedno zespolenie z użyciem tętnicy promieniowej. Pięć chorych (1,8%) z tej grupy zmarło w okresie okołoperacyjnym. Z uwagi na ograniczenia finansowe, do badań kontrolnych zakwalifikowano wyłącznie pacjentów zamieszkałych w Szczecinie, tj. 88 osób. Na podstawie informacji z Terenowego Oddziału Banku Danych ustalono, że pięć chorych z tej grupy zmarło w czasie od 1 do 66 miesięcy (śr. 33) po operacji. Do wszystkich żyjących pacjentów wysłano ankietę z zaproszeniem do udziału w badaniu. Nie odpowiedziało na trzykrotne zaproszenie lub nie wyraziło zgody na badanie 23 ankietowanych. Świadomą zgodę na udział w badaniu wyraziło 60 pacjentów. Ze względu na nieinwazyjny i retrospektywny charakter przeprowadzanych badań, noszących cechy badań kontrolnych, nie występowało do Komisji Bioetycznej o zgodę na ich wykonywanie. U dwójga chorych przeprowadzenie pełnych badań nie powiodło się. Ostatecznie badaniami objęto 58 chorych – 3 kobiety i 55 mężczyzn w wieku od 40 do 77 lat (śr. 53,8). Czas, jaki upłynął od opera-

cji do chwili przeprowadzenia badania, wyniósł od 3 do 7 lat (śr. 5,6).

Zakres badań kontrolnych obejmował: wypełnienie kwestionariusza ankietowego oraz badanie fizykalne, dynamometryczne i termograficzne.

Ankietę przygotowano na podstawie kwestionariusza badań opracowanego przez Hatę. Kwestionariusz ten wykorzystuje 10-punktową wizualną skalę analogową (ang. *Visual Analogue Scale – VAS*) dolegliwości, gdzie stopień pierwszy oznacza brak dolegliwości, a dziesiąty oznacza najwyższe możliwe nasilenie dolegliwości istotnie wpływające na jakość życia badanego [3, 4]. Skala ta pierwotnie była wykorzystywana przez Chapmana do oceny zjawisk bólowych, lecz została przez nas przekształcona dla celów oceny dyskomfortu w odległym okresie pooperacyjnym. Tabela I przedstawia, jak zaadaptowaliśmy tę skalę do potrzeb badania.

W badaniu dynamometrycznym oceniano maksymalną siłę uścisku lewej i prawej dłoni (ang. *Maximal Voluntary Contraction – MVC*) poprzez uśrednienie wartości trzech następujących po sobie maksymalnych ściśnień. Następnie ustawiano wskazówkę regulacyjną manometru na wartość równą 50% maksymalnego uśrednionego uścisku dla danej dłoni i polecano badanym pacjentom cykliczne uciskanie przyrządu do wartości wskazywanej przez wskazówkę regulacyjną w rytmie 6 sekund trwającego uścisku oraz 4 sekund zwolnienia, oceniając wytrzymałość dłoni na obciążenie ćwiczeniem. Badanie przerywano z chwilą, gdy badany nie był w stanie ścisnąć przyrządu do wartości 50% MVC. Zaliczano liczbę 10-sekundowych cykli składających się z uścisku i zwolnienia dla każdej dłoni osobno. Badanie oparto na metodyce podanej przez Chonga [5]. Wyniki klasycznego badania dynamometrycznego w badanej populacji powinny być zależne od wieku, płci i ogólnej sprawności fizycznej badanych. W przeprowadzonym badaniu podstawowym parametrem nie był wynik maksymalny osiągnięty przez badanego, ale stosunek sprawności fizycznej operowanej kończyny do kończyny nieoperowanej, co można wyrazić wartością liczbową, zwaną współczynnikiem asymetrii. Wartość równa 1 oznacza tu, że sprawność fizyczna obu dłoni jest jednakowa.

Badanie termograficzne wykonano przy pomocy kamery termowizyjnej Flir S3000 (FLIR Commercial Vision Systems B.V., Holandia). Po 20-minutowej aklimatyzacji w ciepłym pomieszczeniu wykonywano zdjęcie termograficzne obydwu dłoni od strony grzbietowej. Następnie przeprowadzano test prowokacji zimnem – CPT, stanowiący modyfikację metody podanej przez Coughlina [6, 7]. Osoba badana zanurzała obie kończyny górne do wysokości 1/3 przedramienia w wodzie o temperaturze 4°C na czas jednej minuty. Po jej upływie dłonie osuszano i gdy minęła kolejna minuta, wykonywano sekwencję 15 zdjęć termograficznych w odstę-

Tab. I. Skala dolegliwości ze strony operowanej kończyny górnej

Dolegliwości ze strony operowanej kończyny	
1	siła i sprawność operowanej kończyny jest taka sama jak przed operacją
2	brak jakichkolwiek istotnych dolegliwości lub uciążliwości
3	dolegliwości nieistotne dla prawidłowego funkcjonowania kończyny
4	okresowo nieznaczne dolegliwości, np. w skutek zmiany pogody lub przeciążenia kończyny
5	umiarkowane dolegliwości i uciążliwości postrzegane jako „gorsza ręka”
6	wyraźne dolegliwości, wymuszające użycie drugiej ręki
7	znaczne dolegliwości ograniczające samodzielność respondenta
8	konieczność sporadycznego przyjmowania środków przeciwbólowych
9	konieczność stałego przyjmowania środków przeciwbólowych
10	dolegliwości nie do wytrzymania, pozbawiające jakiegokolwiek komfortu życia

Tab. II. Nasilenie dolegliwości ze strony operowanej kończyny górnej

Skala punktowa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
całkowita liczba badanych	42	11	4	0	1	0	0	0	0	0
procent	72,4	19	6,9	0	1,7	0	0	0	0	0

pach jednonminutowych w identycznej projekcji jak zdjęcie wyjściowe.

Wyniki

W badaniu fizykalnym u żadnego z chorych nie stwierdzono zmian troficznych w obrębie operowanych kończyn górnych. Wszystkie rany pooperacyjne były wygojone. Nie stwierdzono ścieńczenia skóry, przebarwień, zaniku tkanki podskórnej ani zaniku mięśni przedramienia i dłoni.

Po podsumowaniu wyników przeprowadzonych badań ankietowych stwierdzono, że ponad 72% pacjentów (42 badanych) nie ma żadnych dolegliwości ze strony operowanej kończyny, a kolejnych 11% (19 badanych) określiło niewielkie dolegliwości jako bez znaczenia. Czterech badanych (6,7%) odczuwa nieznaczne dolegliwości, ale nie są one istotne dla prawidłowego funkcjonowania kończyny, a jeden pacjent (1,7%) odczuwa okresowo pobołowanie dłoni. Wynik tego badania przedstawiono w tabeli II.

Interesującym nas wynikiem badania dynamometrycznego była wielkość rozrzutu współczynnika asymetrii, czyli wartość odchylenia standardowego, która dla całej badanej grupy wyniosła 0,459. Po uśrednieniu uzyskanych wyników okazało się, że sprawność fizyczna „dominującej” nieoperowanej kończyny była tylko o jeden cykl wyższa od „nie-dominującej” kończyny operowanej. Wyniki szczegółowe tego badania przedstawiono w tabelach III i IV.

W badaniu termograficznym, po uśrednieniu wyników dla temperatur maksymalnych i minimalnych, w przebadanej

Tab. III. Sprawność kończyn oceniona na podstawie różnic w wynikach testu sprawności dłoni ręki operowanej w odniesieniu do kończyny nieoperowanej (współczynnik asymetrii)

Grupa	1-2SD	1-SD	1	1+SD	1+2SD	1+3SD	1+4SD	1+5SD
liczba chorych	5	24	11	12	5	0	0	1

Tab. IV. Zbiorczy wynik badań sprawności fizycznej kończyn górnych

Kończyna górna	Sprawność fizyczna	SD
po pobraniu	20,81	7,08
dominująca	21,95	7,47

nej grupie nie stwierdzono niemal żadnych różnic w przebiegu krzywych wygrzewania zarówno kończyny, z której pobrano tętnicę promieniową, jak i drugiej dłoni oraz przedramienia (ryc. 1.–7.).

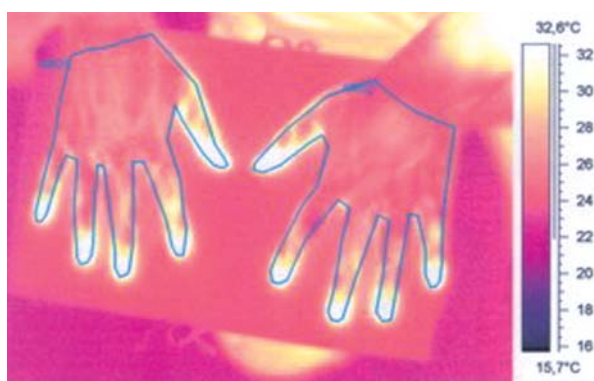
**Ryc. 1.** Termogram dłoni przed wychłodzeniem (AR01 – nieoperowana)



Ryc. 2. Termogram dłoni w pierwszej minucie wygrzewania (AR01 – nieoperowana)



Ryc. 3. Termogram dłoni w drugiej minucie wygrzewania (AR01 – nieoperowana)



Ryc. 4. Termogram dłoni w trzeciej minucie wygrzewania (AR01 – nieoperowana)



Ryc. 5. Termogram w dłoni w piątej minucie wygrzewania (AR01 – nieoperowana)



Ryc. 6. Termogram dłoni w dziewiątej minucie wygrzewania (AR01 – nieoperowana)



Ryc. 7. Termogram dłoni w piętnastej minucie wygrzewania (AR01 – nieoperowana)

Dyskusja

Własna tętnica promieniowa chorego jako materiał na pomost aortalno-wieńcowy została po raz pierwszy użyta przez Carpentiera w latach 70. ubiegłego stulecia [8]. Po kilku latach, ze względu na doniesienia o jej podatności na skurcz i wysoką częstość zwężeń i wczesnych zamknięć, sięgającą 50% przypadków, jej stosowanie zostało znacznie ograniczone. [9]. Dopiero prace Acara, dowodzące długotrwałej

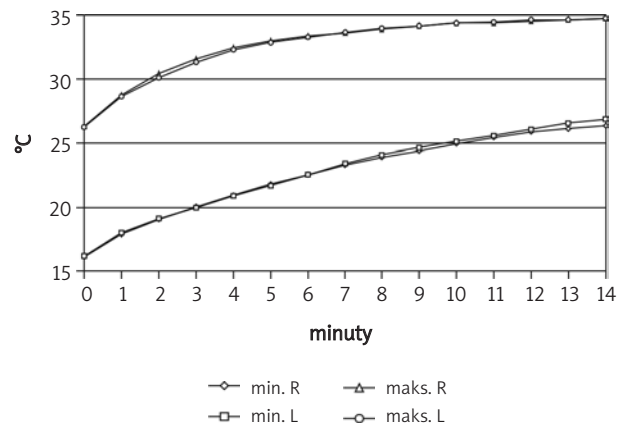
drożności pomostów wykonanych z tętnicy promieniowej, przywróciły tej tętnicy należne jej miejsce w kardiologii [10]. W Polsce pierwszy raz użyto tętnicy promieniowej chorego jako materiału do przestawienia aortalno-wieńcowego w roku 1995, a w naszym ośrodku w 1998 r. [11]. Przed zabiegiem operacyjnym wydolność krążenia obocznego w kończy nie górnej oceniano przy pomocy klasycznego testu Allena [12, 13]. W celu zwiększenia jego czułości zaczęto używać

do oceny wydolności krążenia obocznego pulsoksymetru założonego na palec wskazujący.

Wykorzystując skalę VAS do subiektywnej oceny dolegliwości, przyjęliśmy za jej autorami, że zakres od 1 do 3 punktów uważany jest przez chorych za dolegliwości nieistotne, a zakres od 4 do 5 punktów – jako akceptowalne. Dolegliwości wynoszące od 5 do 7 punktów są źle akceptowane, od 8 do 9 punktów – możliwe do przyjęcia jedynie w przypadku, gdy użycie tętnicy piersiowej było bezwzględnie koniecznością. Ból oceniany na 10 punktów niweczy oczekiwany efekt leczenia i należałoby go uznać za nieakceptowalny. W przeprowadzonych badaniach u żadnego chorego nie stwierdziliśmy naprawdę istotnych dolegliwości związanych z pobraniem tętnicy promieniowej. Czworo (6,9%) badanych zgłosiło nieistotne dolegliwości bólowe (3 pkt). Jeden badany (1,7%) ma okresowe dolegliwości bólowe ocenione na 4 pkt, ale najważniejszym problemem dla niego jest trudny do zaakceptowania wygląd blizny pooperacyjnej (5 pkt). Czternaścioro (24,1%) badanych podawało wystąpienie dolegliwości o charakterze parestezji bądź odrętwienia okolic miejsca pobrania tętnicy promieniowej, stopniowo znikających w ciągu trzech miesięcy od operacji. Podobne wyniki osiągnęli inni badacze, choć część z nich podaje bardzo wysoki odsetek (67,7%) powikłań o charakterze neurologicznym, ustępujących dopiero po około kilkunastu miesiącach i towarzyszące niekiedy osłabienie siły uścisku dłoni [14–17].

W metodyce badań opisywanej przez wielu autorów bardzo ważnym elementem było badanie maksymalnej siły uścisku (MVC). W przeprowadzonym badaniu procedura ta była jednym z istotnych elementów, ale podstawą oceny była nie ogólna sprawność badanej kończyny, a ewentualna asymetria sprawności obu kończyn górnych badanego. Założenie to wynikało z retrospektywnego charakteru przeprowadzonego badania. Stwierdzono, że sprawność fizyczna, rozumiana jako zdolność do wykonywania zadanego w teście ćwiczenia, była większa w obrębie kończyny, z której nie pobrano tętnicy promieniowej. Może to jednak wynikać z faktu, że nigdy nie była to kończyna dominująca, jak również z powodu pewnego „oszczędzania” ręki, z której pobrano tętnicę, zwłaszcza przez chorych, którzy zgłaszali pewne dolegliwości związane z dłonią i przedramieniem w badaniu podmiotowym. Podobne wyniki, ale w badaniu progresywnym, uzyskał Chong. Praca tego autora jest wyjątkiem w piśmiennictwie światowym porównującym sprawność fizyczną kończyny w układzie odniesienia, jakim jest sprawność drugiej kończyny [5]. Wykonywane na dużych populacjach prace Meharwala i Trehana uwzględniają jedynie fakt subiektywnego odczuwania osłabienia kończyny przez chorego i nie przedstawiają dokładnych pomiarów ilościowych i porównawczych [18].

Trzecim zastosowanym sposobem oceny wpływu pobrania tętnicy promieniowej na czynność kończyny górnej w różnych aspektach było badanie termograficzne. Założeniem tego rodzaju badań jest teza, iż ocieplenie powierzchni tkanek zależne jest między innymi od objętości przepływającej w jednostce czasu krwi. Zatem fakt usunięcia tętnicy promieniowej mógłby skutkować obniżeniem tempe-



Ryc. 8. Wykres temperatur minimalnych i maksymalnych w procesie wygrzewania kończyny po pobraniu tętnicy promieniowej (L) i drugiej kończyny górnej (R) dla całej przebadanej populacji

ratury powierzchni ręki, zwłaszcza w obszarach obwodowych. Celem badania termograficznego była pośrednia ocena wydolności ukrwienia badanej kończyny, gdzie układem odniesienia była druga ręka pacjenta, badana w identycznych warunkach. Dla wzmocnienia ewentualnie istniejących różnic posłużono się metodą prowokacji zimnem.

Termografia jest techniką opartą na analizie widma w zakresie podczerwieni, mającej pierwotnie zastosowanie jako jedna z wojskowych technik wywiadu elektronicznego. Pozycja porównawczych badań termograficznych jest ugruntowana w badaniach dotyczących zaburzeń ukrwienia związanych z chorobą wibracyjną oraz chorobą i zespołem Reynauda [7, 19–21]. Metody termograficzne są również stosowane w diagnostyce zespołu złożonych bólów miejscowych (ang. *Complex Regional Pain Syndrome* – CRPS), zwanych wcześniej również zespołem odruchowej dystrofii współczulnej lub jeszcze dawniej – kauzalgia [22, 23]. Przewodząc badania na dużej populacji chorych dotkniętych CRPS I i zdrowych ochotnikach, Huygen i Niehof wprowadzili pojęcie tzw. wskaźnika asymetrii, który jest indykatorem na tyle czułym, że wykrywa zagrożenie powstaniem CRPS I jeszcze w fazie asymptomatycznej [24].

Na podstawie wykonanych termogramów wykreślono krzywe wygrzewania. Ich przebiegi dla ręki, z której pobrano tętnicę promieniową, i referencyjnej okazały się niemal identyczne w zakresie odnotowanych temperatur maksymalnych i minimalnych. W dostępnym piśmiennictwie znalazłem tylko jedną pracę zajmującą się doбором najlepszej procedury pobierania tętnicy promieniowej, gdzie jako wyznacznik jakości procedury dodatnio korelujący z minimalną liczbą powikłań pooperacyjnych w miejscu pobrania, zastosowano test prowokacji zimnem, z późniejszą analizą krzywej wygrzewania [18].

Wnioski

1. Niski stopień nasilenia subiektywnych i obiektywnych zjawisk chorobowych związanych z pobraniem tętnicy promieniowej w badaniu odległym wskazuje na brak istotnych

przeciwwskazań do pobierania tej tętnicy jako materiału do wykonania pomostów aortalno-wieńcowych.

2. Przedoperacyjny ujemny wynik testu Allena jest wystarczającym narzędziem do prognostycznej oceny wydolności krążenia obocznego kończyny górnej – nie tylko w okresie okołoperacyjnym, ale również odległym.

Praca prezentowana na VII Gdańskich Spotkaniach Kardiochirurgicznych, Gdańsk, 21–22.01.2005 r.

Piśmiennictwo

1. Kolessov VI. Mammary artery-coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1967; 54: 535-544.
2. Favalaro RJ. Saphenous vein graft in the surgical treatment of coronary artery disease. Operative technique. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1969; 58: 178-185.
3. Hata M, Raman J, Seevanayagam S, Hare D, Buxton BF. Post radial artery harvest hand perception: postoperative 12-month follow-up results. *Circ J* 2002; 66: 816-818.
4. Chapman CR, Casey KL, Dubner R, Foley KM, Gracely RH, Reading AE. Pain measurement: an overview. *Pain* 1985; 22: 1-31.
5. Chong WC, Ong PJ, Hayward CS, Collins P, Moat NE. Effects of radial artery harvesting on forearm function and blood flow. *Ann Thorac Surg* 2003; 75: 1171-1174.
6. Coughlin PA, Chetter IC, Kent PJ, Kester RC. The analysis of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of cold provocation thermography in the objective diagnosis of the hand-arm vibration syndrome. *Occup Med* 2001; 51: 75-80.
7. Coughlin P, Chetter IC, Kent PJ, Kester RC. Vascular surgical society of great britain and ireland: analysis of cold provocation thermography in the objective diagnosis of the hand-arm vibration syndrome. *Br J Surg* 1999; 86: 694-695.
8. Carpentier A, Guermontprez JL, Deloche A, Frechette C, DuBost C. The aorta-to-coronary radial artery bypass graft. A technique avoiding pathological changes in grafts. *Ann Thorac Surg* 1973; 16: 111-121.
9. Fisk RL, Brooks CH, Callaghan JC, Dvorkin J. Experience with the radial artery graft for coronary artery bypass. *Ann Thorac Surg* 1976; 21: 513-518.
10. Acar C, Jebara VA, Portoghese M, Beyssen B, Pagny JY, Grare P, Chachques JC, Fabiani JN, Deloche A, Guermontprez JL. Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 652-659.
11. Zembala M (red.). *Chirurgia naczyń wieńcowych*. PZWL, Warszawa 2002.
12. Cheng EY, Lauer KK, Stommel KA, Guenther NR. Evaluation of the palmar circulation by pulse oximetry. *J Clin Monit* 1989; 5: 1-3.
13. Slogoff S, Keats AS, Arlund C. On the safety of radial artery cannulation. *Anesthesiology* 1983; 59: 42-47.
14. Denton TA, Trento L, Cohen M, Kass RM, Blanche C, Raissi S, Cheng W, Fontana GP, Trento A. Radial artery harvesting for coronary bypass operations: neurologic complications and their potential mechanisms. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 121: 951-956.
15. Saeed I, Anyanwu AC, Yacoub MH, Amrani M. Subjective patient outcomes following coronary artery bypass using the radial artery: results of a cross-sectional survey of harvest site complications and quality of life. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 20: 1142-1146.
16. Sajja LR, Mannam G, Sompalli S. Neurologic hand complications after radial artery harvest for coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123: 585-586.
17. Schmid C, Tjan TD, Scheld HH. Severe complex regional pain syndrome type II after radial artery harvesting. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: 1250-1251.
18. Meharwal ZS, Trehan N. Functional status of the hand after radial artery harvesting: results in 3,977 cases. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 1557-1561.
19. Bauer J, Hurnik P, Zdziarski J, Mielczarek W, Podbielska H. Termowizja i jej zastosowanie w medycynie. *Acta Bio-Optica et Informatica Media* 1997; 3: 121-131.
20. Jayanetti S, Smith CP, Moore T, Jayson MI, Herrick AL. Thermography and nailfold capillaroscopy as noninvasive measures of circulation in children with Raynaud's phenomenon. *J Rheumatol* 1998; 25: 997-999.
21. Coughlin PA, Chetter IC, Kent PJ, Kester RC. The analysis of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of cold provocation thermography in the objective diagnosis of the hand-arm vibration syndrome. *Occup Med* 2001; 51: 75-80.
22. Tang A, Ohri S. Reflex sympathetic dystrophy: an unusual complication of radial artery graft harvesting. *J Cardiovasc Surg* 2002; 43: 49-50.
23. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. www.ninds.nih.gov.
24. Huygen FJ, Niehof S, Klein J, Zijlstra FJ. Computer-assisted skin videothermography is a highly sensitive quality tool in the diagnosis and monitoring of complex regional pain syndrome type I. *Eur J Appl Physiol* 2004; 91: 516-524.