

Use of the radial artery in cardiac surgery

Zastosowanie tętnicy promieniowej w kardiochirurgii

Maciej Rachwałik¹, Anna Rachwałik², Wojciech Kustrzycki¹

¹Department of Cardiac Surgery, Medical University, Wrocław, Poland (Klinika Chirurgii Serca Akademii Medycznej we Wrocławiu)

²Department of Angiology and Internal Medicine, Provincial Specialist Hospital, Wrocław, Poland (Oddział Angiologiczno-Internistyczny Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego we Wrocławiu)

Abstract

The potential advantages of arterial conduits compared with venous graft in coronary operations resulted in their increased use, with the aim of achieving complete myocardial revascularization. The biological characteristics of the vascular wall account for the better patency observed in arterial conduits compared with the patency of the saphenous vein. We briefly present a historical note regarding the radial artery (RA): the surgical anatomy of the vessel, as well as the histology, indications, contraindications and results regarding the use of the radial artery. Antispasm prophylaxis and donor site complications of RA harvest and forearm function after RA harvest are presented.

Key words: radial artery, coronary surgery, coronary anastomosis, harvesting of the conduit

Streszczenie

Potencjalne korzyści z zastosowania tętniczych konduktów w porównaniu z żylnymi graftami w chirurgii wieńcowej wpłynęły na znaczny wzrost zainteresowania ich przydatnością w celu osiągnięcia kompletnej rewaskularyzacji. Biologiczna budowa ścian tętnic wpływa na lepszą drożność w porównaniu z drożnością pomostów żylnych. Przedstawiono rys historyczny zastosowania tętnicy promieniowej, anatomię w aspekcie chirurgicznym, histologię oraz wskazania i przeciwwskazania dotyczące zastosowania tętnicy promieniowej. Omówiono profilaktykę antyspazmową i możliwe komplikacje dotyczące miejsca pobrania graftu oraz funkcji przedramienia po pobraniu tętnicy promieniowej.

Słowa kluczowe: tętnica promieniowa, chirurgia wieńcowa, zespolenie wieńcowe, pobieranie pomostu

Acta Angiol 2008; 14: 33–41

Historical note

Coronary artery bypass-grafting (CABG) using the radial artery (RA) was introduced clinically by Carpentier and co-workers in 1973 [1]. Two years later, in 1975, Carpentier himself recommended that this procedure be abandoned because of the higher incidence

Adnotacja historyczna

Wprowadzenie tętnicy promieniowej (RA) do operacji rewaskularyzacji aortalno-wieńcowej (CABG) w 1973 roku zaproponowali Carpentier i wsp. [1]. Dwa lata później, w 1975 roku, Carpentier zaniegał stosowanie tej procedury ze względu na wysoki stopień

Address for correspondence (Adres do korespondencji):

dr med. Maciej Rachwałik
Klinika Chirurgii Serca AM
ul. M. Skłodowskiej Curie 66, 50–369 Wrocław
e-mail: mrach@wp.pl

(35%) of narrowing or occlusion [2]. In 1989 Acar and colleagues reviewed the late angiograms performed on an early series of patients studied by Carpentier and to their surprise determined that the radial grafts which were previously thought to be occluded were patent and functioning well at 15 years. Acar et al linked this early graft failure to the spasm of radial arteries and introduced pharmacological measures to minimize arterial spasms. Acar et al also refined the harvest techniques. These changes resulted in the revival of interest regarding the use of this conduit for CABG [3].

Surgical anatomy of the radial artery

The RA ascends from the brachial artery in the cubital fossa approximately 1.0 cm below the bend of the elbow opposite the neck of the radius. The RA is the smaller of the two terminal branches of the brachial artery and is a more direct continuation of the brachial artery. After its origin it traverses through the lateral aspect of the forearm approaching its lower end where it enters the palm to anastomose with the deep branch of the ulnar artery in the deep palmar arch (Figure 1). The proximal RA courses underneath the muscle belly of the brachioradialis muscle and at this junction, prudence is required to identify and spare the lateral antebrachial cutaneous nerve that lies over the belly of the brachioradialis muscle. The other im-

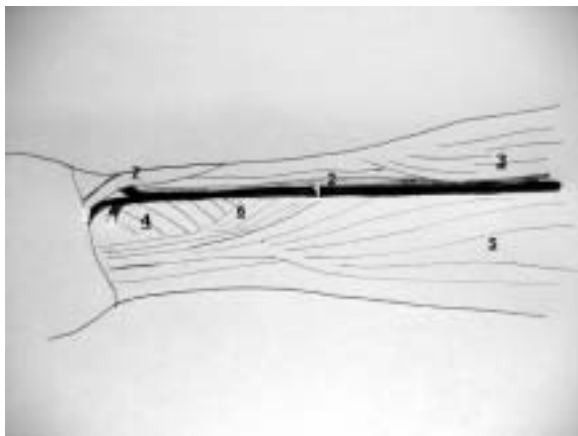


Figure 1. Anatomy of the radial artery scheme. 1 — radial artery; 2 — superficial radial nerve; 3 — m brachioradialis; 4 — pronator quadratus; 5 — m flexor carpi radialis; 6 — m flexor pollicis longus; 7 — abductor pollicis longus tendon; 8 — palmar carpal artery; 9 — superficial palmar branch

Rycina 1. Anatomia tętnicy promieniowej. 1 — tętnica promieniowa; 2 — gałązka powierzchowna nerwu promieniowego; 3 — mięsień ramiennie-promieniowy; 4 — nawrotny czworoboczny; 5 — mięsień zginacz promieniowy nadgarstka; 6 — mięsień zginacz palców długi; 7 — ścięgno odwodziela długiego kciuka; 8 — tętnica nadgarstkowa dłoniowa; 9 — gałązka powierzchowna dłoniowa

przewężeń i zamykanie się pomostów (35%) [2]. W 1989 roku Acar i wsp. przeanalizowali późne wyniki angiografii żylnych i tętniczych pomostów aortalno-wieńcowych wykonanych podczas zabiegów przeprowadzonych przez Carpentiera i odnotowali wiele drożnych grafitów sporządzonych z tętnicy promieniowej, które dotychczasowo uznawano za zamknięte. Acar i wsp. połączyli wczesną dysfunkcję graftu ze spazmem tętnicy i zaproponowali farmakologiczne środki w celu jego ograniczenia. Wprowadzili też nową technikę pobierania graftu. Zmiany te i ich upowszechnienie doprowadziły do ponownego wzrostu zainteresowania i zastosowania tętnicy promieniowej w chirurgii wieńcowej [3].

Anatomia tętnicy w aspekcie chirurgicznym

Tętnica promieniowa bierze początek z tętnicy ramiennej w dole łokciowym, około 1 cm poniżej początku kości promieniowej. Jest ona mniejszym odgałęzieniem, ale za to bardziej bezpośrednią kontynuacją tętnicy ramiennej. Po początkowym przebiegu arteria przechodzi na boczną stronę przedramienia, gdzie dochodzi do swej dolnej części i wchodząc na dłoń, łączy się z tętnicą łokciową poprzez głęboki łuk dłoniowy (ryc. 1). Proksymalna część tętnicy promieniowej przechodzi pod brzoścem mięśnia ramiennie-promieniowego.

Inną ważną strukturą jest nerw pośrodkowy, który znajduje się przy proksymalnej części tętnicy promieniowej. W czasie pobierania powinno się zwrócić szczególną uwagę na dystalny odcinek tętnicy ramiennie-promieniowej. Środkowy odcinek tętnicy promieniowej leży w pobliżu powierzchownych gałęzi nerwu promieniowego, który jest zlokalizowany pod mięśniem ramiennie-promieniowym. W dalszym odcinku arteria staje się bardziej powierzchowna i jest zlokalizowana przed kością promieniową i mięśniem nawrotnym czworobocznym, pomiędzy ścięgnem mięśnia ramiennie-promieniowego i ścięgnem mięśnia promieniowego zginacza nadgarstka. Wzajemne zorientowanie struktur sąsiadujących z tętnicą promieniową przedstawiono na rycinie 1.

Występuje kilka odmian zakończenia tętnicy promieniowej i łokciowej. Dwa typy łuków dłoniowych głębokich: kompletnego i niekompletnego oraz dwa typy dłoniowych powierzchownych łuków: głębokiego i powierzchownego opisali Ruengsakulrach i wsp. [4].

Histologia tętnicy promieniowej

Tętnicę promieniową sklasyfikowano jako ten rodzaj graftu tętniczego, który ma stosunkowo dużą ten-

portant structure in close proximity to the RA is the median nerve, which is positioned near the most proximal part of the RA and near the distal part of the brachial artery, and should be safeguarded during the harvest. The mid-part of the RA lies near the superficial branch of the radial nerve that is situated under the brachioradialis muscle. In its distal third, the artery becomes superficial and is positioned anterior to the radius and pronator quadratus muscle between the tendons of the brachioradialis and flexor carpi radialis. The structural relationships of the RA are shown in Figure 1. Several variations regarding the termination of the radial and ulnar arteries are common. Two types of deep palmar arches (complete and incomplete) and two types of superficial palmar arches (complete and incomplete) and their variants were described Ruengsakulrach and colleagues [4].

Histology of the radial artery

The radial artery is classified as a type 3 arterial graft with higher propensity to spasm [5]. The medial thickness of the RA is substantially greater than other arterial conduits such as the internal mammary artery (IMA) or the gastroepiploic artery (GEA) [6]. In patients with coronary artery disease, RA atherosclerotic involvement is more frequent than that of the internal thoracic artery (ITA), but far less than that of the common carotid artery. The early atherosclerotic changes observed in the RA do not seem to exhibit the potential to influence RA graft patency or endothelial function [7]. Hagiwara and associates reported that structural changes rarely develop in RA grafts, even at midterm [8].

Assessment of collateral circulation adequacy of the hand before harvest

It is mandatory to assess the adequacy of the ulnar collateral circulation of the hand before harvesting the RA. The Allen test is the most frequently used method for the evaluation of the adequacy of collateral hand circulation. The Allen test is considered positive if the reperfusion time is no greater than 10 seconds. Another method employed to assess the adequacy of hand collateral circulation is the use of a continuous wave Doppler placed on the superficial palmar arch to observe whether RA compression results in a decrease in the audibility of palmar arch signals. An additional modification of the Allen test is the measurement of the first and second digit pressures before and during RA compression with a 2.5 cm digit pressure cuff placed on the proximal phalanx. A decrease in the systolic digit pressure of 40 mm Hg is considered a positive test [9]. Oxymetric plethysmographic

dencję do spazmu [5]. Grubość warstwy środkowej jest w tętnicy promieniowej większa niż w innych konduitach tętniczych, takich jak lewa tętnica piersiowa wewnętrzna (IMA) i lewa tętnica żołądkowo-sieciowa (GEA) [6]. Wśród pacjentów z chorobą niedokrwienną serca miażdżycowe zmiany w zakresie tętnicy promieniowej są częstsze od zmian w zakresie tętnicy piersiowej wewnętrznej (ITA), ale występują rzadziej od zmian w zakresie tętnicy szyjnej. Wczesne zmiany miażdżycowe obserwowane w tętnicy promieniowej wydają się nie wpływać na drożność tętnicy i funkcje nabłonka wyścielającego graft [7]. Hagiwara i wsp. wykazali, że zmiany miażdżycowe w zakresie tętnicy promieniowej rzadko występują w okresie późniejszym [8].

Ocena funkcji krążenia obocznego i zaopatrzenia w krew ręki przed pobraniem tętnicy promieniowej

Ocena wydolności tętnicy promieniowej przed przystąpieniem do jej pobrania powinna być obowiązkowa. Test Allena to najczęstsza metoda stosowana do oceny krążenia obocznego ręki poprzez tętnicę łokciową. Jego wynik uważa się za dodatni, kiedy czas reperfuzji ręki przekracza 10 sekund. Inną metodą stosowaną do oceny wydolności krążenia z tętnicy łokciowej jest ocena fali dopplerowskiej mierzonej na powierzchownym łuku dłoniowym. Po uciśnięciu tętnicy promieniowej sprawdza się spadek intensywności sygnału ultrasonograficznego na łukach dłoniowych. Inną modyfikacją testu Allena jest pomiar ciśnień na pierwszym i drugim paliczku przed zaciśnięciem tętnicy promieniowej i po zaciśnięciu. Ciśnienie mierzy się za pomocą małego, 2,5-centymetrowego mankieta, nakładanego na paliczki. Spadek ciśnienia skurczowego w paliczku po okluzji naczynia do około 40 mm Hg jest wyznacznikiem dodatniego wyniku testu [9]. Oksymetryczna, pletyzmograficzna ocena krzywej ciśnienia jest inną metodą używaną do oceny wydolności obocznego łokciowego krążenia [10].

Wskazania i przeciwwskazania do pobierania tętnicy promieniowej

Wskazania

Współcześnie tętnicy promieniowej używa się jako drugiego pod względem częstości pomostu tętniczego zaraz za lewą tętnicą piersiową wewnętrzną (LITA). Zwykle jest ona zespalana z tętnicą okalającą, gałęzią marginalną oraz prawą tętnicą wieńcową (RCA). Tętnicę promieniową często używa się jako część złożonych (połączonych) pomostów, dzięki którym można

waveform analysis is also used to assess the adequacy of ulnar collateral circulation [10].

Indications and contraindications for harvest

Indications

Currently, RA is accepted as a secondarily preferred arterial conduit for coronary revascularization subsequent to the left internal thoracic artery (LITA). The usual target arteries for its usage are obtuse marginal branches of the circumflex artery, and the right coronary artery (RCA). The RA has been increasingly used as a composite arterial conduit to achieve total arterial revascularization. The advantages of composite radial arterial graft include greater conduit length and minimized aortic manipulation, particularly when coronary revascularization is performed on a beating heart [11].

Contraindications

A positive Allen test is a contraindication for harvest. Approximately 12% of patients indicate a unilateral positive Allen test [12]. A prior operation for carpal tunnel syndrome precludes its use. A previous RA cannulation at the wrist may cause periarterial fibrosis. However, these RA conduits may still be useful as a conduit after discarding the few distal centimetres. The use of the RA as a bypass conduit after transradial catheterization should be managed with caution. Diffuse arteriosclerosis and medial calcification observed in the elderly is a contraindication for its use. However, specks of calcium seen in the RA do not preclude its use. It has been reported that the RA is not an ideal conduit to bypass target arteries that indicate less critical (< 70%) stenosis because of the possibility of competitive flow [13].

Surgical techniques

Usually the distal end of the RA is used for coronary anastomosis and the proximal end of the RA to the aorta or internal mammary artery. At times when the RA becomes sclerosed at the level of the wrist, this end may be used to create the proximal anastomosis and the healthy proximal part (elbow end) of the RA may be used for coronary anastomosis. The RA is most commonly harvested along with venae comitantes using low strength electrocautery as an open method [14]. Other methods include harvesting the RA in a skeletonized fashion [15]. Connolly and associates [16] have popularized the endoscopic technique. Rukosuev and colleagues reported that skeletonization of the RA using scissors and clips is more time-consuming

osiągnąć pełną tętniczą rewaskularyzację mięśnia sercowego. Zaletą złożonych pomostów z zastosowaniem tętnicy promieniowej jest ich większa długość, możliwość niewielkiej manipulacji na aorcie, co z kolei jest szczególnie istotne w czasie, kiedy rewaskularyzację serca przeprowadza się na bijącym organie [11].

Przeciwwskazania

Dodatni wynik testu Allena jest przeciwwskazaniem do pobierania tętnicy promieniowej. U około 12% pacjentów stwierdza się jednostronny dodatni wynik tego testu [12]. Wcześniejsza operacja w zakresie kanału nadgarstka także wyklucza możliwość pobrania tętnicy promieniowej. Poprzednia kaniulacja (np. do koronarografii) tętnicy promieniowej może doprowadzić do okołotętniczego zwłóknienia. Jednakże tego typu pomosty tętnicze mogą być użyte po zrezygnowaniu z kilku dalszych centymetrów tętnicy. Użycie tętnicy promieniowej jako materiału do pomostów, po uprzedniej katetyzacji tętnicy, powinno się dobrze rozważyć. Rozsiana miażdżycza tętnicy i zwapnienia, które można zaobserwować u ludzi w podeszłym wieku, są kolejnymi przeciwwskazaniami do pobierania tętnicy promieniowej. Jednakże pojedyncze uwapnienia w zakresie tętnicy promieniowej nie są czynnikiem wykluczającym zastosowanie tego graftu. Wykazano, że powinna być ona użyta jako pomost do naczyń wieńcowych, których stenozą jest większa od 70%, ze względu na możliwość wystąpienia zjawiska podkradania krwi z tętnicy [13].

Technika chirurgiczna

Przyjęto, że odcinek dystalny tętnicy promieniowej używa się jako anastomozę dowieńcową, a odcinek proksymalny jako anastomozę do tętnicy głównej lub do tętnicy piersiowej wewnętrznej. W wypadku istnienia zmian miażdżycowych w odcinku dystalnym do zespolenia z naczyniami wieńcowymi może zostać użyty odcinek proksymalny, który jest niezmienny miażdżycowo. Powszechnym sposobem pobierania tętnicy promieniowej jest pobieranie jej z towarzyszącymi żyłami z wykorzystaniem elektrokoagulacji w prostym cięciu przez całe przedramię [14]. Inne metody polegają na użyciu tętnicy promieniowej jako pomostu wyszkietowanego [15]. Connolly i wsp. spopularyzowali pobieranie tętnicy promieniowej jako pomostu pobieranego drogą endoskopową [16]. Rukosuev i wsp. opracowali metodę pobrania tętnicy jako pomostu wyszkietowanego przy użyciu nożyczek chirurgicznych i klipów, zaznaczając jednak, że ta metoda jest bardziej czasochłonna i trudniejsza, ale umożliwia uzyskanie dłuższego graftu do przeszłowania.



Figure 2. Harvesting of the radial artery — photo
Rycina 2. Pobieranie tętnicy promieniowej — zdjęcie

and technically more difficult, but yields a considerably longer graft. Skeletonization with an ultrasonic scalpel did not result in additional length and was more frequently associated with severe endothelial damage [17]. Pedicle preparation using scissors or an ultrasonic scalpel is much simpler and faster and does not increase endothelial integrity (Figure 2).

Distal anastomosis and proximal anastomosis of RA conduit

The RA is preferably grafted to the native coronary artery with stenosis greater than 70% to avoid the risk of competitive flow and the development of string sign. The usual targets are the left circumflex (LCx), ramus intermedius, or RCA. Numerous published studies indicate decreased RA patency rates when grafted to bypass the RCA [18, 19]. The RA can be used as an aorto-coronary bypass graft (free graft) [20] or as a composite Y or T graft extending from the LIMA [21]. Some groups have also described usage of the RA as an extension graft to the in situ right internal thoracic artery (RIMA) or right gastroepiploic artery (RGEA) [22, 23]. Composite arterial grafts with the RA extending from the LITA are more vulnerable to the detrimental effects of chronic native competitive flow and should be used only for target vessels with a stenosis greater than 70% [19].

Spasm of the artery and antispasmodic prophylaxis

It has been observed that the endothelial function of the RA, as it releases endothelial-derived relaxing factors in response to endogenous and exogenous agents, is similar to that of other arteries. Concern exists regarding the theoretical possibility of RA spasm,

Skeletonization of the artery with an ultrasonic scalpel does not result in an increase in the length of the artery and is often associated with significant damage to the endothelium of the artery [17]. The technique of preparing the pedicle of the radial artery with the use of scissors and an ultrasonic scalpel is much simpler and faster and does not increase the damage to the endothelium (Fig. 2).

Dystalne i proksymalne zespolenia tętnicy promieniowej

The radial artery is usually used as a bypass graft in native coronary arteries, where the degree of stenosis exceeds 70%, to avoid the risk of competitive flow. The vessels to which the radial artery is grafted are: the circumflex branch, the intermediate branch, and the right coronary artery. In several studies, a lower flow was observed from the radial artery to the right coronary artery [18, 19]. The radial artery can be used as a bridge between the aorta and the coronary artery [20] or as a Y or T graft branching off the chest artery [21]. Some research groups have indicated that the radial artery can be used as a potential bypass graft branching off the chest artery as an extension of the right internal thoracic artery or the right gastroepiploic artery (RGEA) [22, 23]. Composite arterial grafts consisting of the radial artery and the right coronary artery branching off the LITA are more resistant to competitive flow and should be reserved for vessels with a stenosis greater than 70% [19].

Spazm tętnicy i profilaktyka zapobiegająca jego wystąpieniu

It has been shown that the function of the radial artery as a vessel releasing endothelial-derived relaxing factors is similar to that of other arteries. Concern exists regarding the theoretical possibility of RA spasm, which is why many researchers have focused on the reactivity of the vessel in response to various chemical substances. The radial artery shows a greater sensitivity to vasoconstrictors, such as norepinephrine, serotonin, endothelin I, and angiotensin II [24]. The mechanism of this phenomenon is histological structure of the radial artery, which has a thicker muscular wall [25]. It is believed that the effectiveness of the radial artery as a bypass graft is dependent on the minimization of trauma to the vessel during harvesting and the use of vasoconstrictors and external papaverine, which can minimize the spasm of the vessel. It has also been shown that the use of verapamil and nitroglycerin in the solution used for the preparation of the radial artery as a bypass graft allows for the preservation of its function.

and many investigators have focused on the biological properties and behavior of this conduit *in vitro* to various chemical agents. The RA can develop a substantially higher maximal contractile force to vasoconstricting agents such as norepinephrine, serotonin, endothelin-I and angiotensin II [24]. This can be explained by the histology of the artery, which is more muscular in nature and thicker in media compared with ITA, GEA and inferior epigastric arteries [25]. It is likely that the current success using the RA is related to the reduced trauma during harvest and the use of topical and intraluminal papaverine, which minimizes conduit spasm. It has been demonstrated that the use of verapamil and nitroglycerine solution to prepare RA grafts maximally preserves endothelial function [26]. Numerous surgeons worldwide [27, 28] have empirically used the calcium-channel-blocker, diltiazem. However, diltiazem usage is associated with negative inotropic and chronotropic effects. Approximately 30–40% of the patients treated with diltiazem potentially experience hypotension, bradycardia or heart block, requiring a decrease in dosage, a discontinuation of the drug or temporary pacing. Moreover, use of diltiazem does not completely eliminate spasm. Cable and colleagues demonstrated that diltiazem and verapamil exhibited little effect on RA receptor-dependent and receptor-independent contraction, whereas nifedipine and nitroglycerine proved to be much more effective [29]. Shapira and associates reported that nitroglycerine should be seriously considered as the drug of choice to prevent conduit spasm after coronary bypass grafting [30]. Myers and Fremes reported that prophylaxis against RA graft spasm is practiced in more than 95% of Canadian surgical centres, despite the absence of any clinical outcome data to support this approach [31].

Donor site complications of RA harvest and forearm function after RA harvest

Postoperative hand ischaemia after RA harvest is very rare, regardless of the method used to assess ulnar artery adequacy, and only one occurrence of acute hand ischaemia caused by congenital absence of the ulnar artery has been reported [32]. Neurologic complications may occur in the form of paresthesias of the forearm and hand, from 1.6–30.1% [33, 34]. The sensory symptoms disappear completely within days or weeks. A large study, comprising 3977 patients who underwent RA harvest for coronary artery bypass, determined that RA harvest is associated with low morbidity and favourable functional outcome of the hand [35]. Forearm sur-

blonka tętnic [26]. Wielu chirurgów stosuje w sposób empiryczny bloker kanałów wapniowych — diltiazem [27, 28]. Jednakże odznacza się on ujemnym inotropowym i chronotropowym efektem. U około 30–40% pacjentów, u których stosuje się diltiazem, występuje hipotensja, bradykardia oraz blok przewodnictwa, które wymagają zmniejszenia dawki, wstrzymania podawania leku bądź zastosowania czasowej stymulacji serca. Ponadto zastosowanie diltiazemu nie eliminuje całkowicie spazmu naczynia. Cable i wsp. wykazali że diltiazem i werapamil wykazują niewielki efekt na zależne i niezależne od receptorów obkurczenie naczynia, podczas gdy nifedypina i nitrogliceryna są lekami bardziej skutecznymi [29]. Szapira i wsp. wskazywali, że nitroglicerynę powinno się rozważyć jako lek z wyboru w prewencji obkurczania się naczynia po rewaskularyzacji wieńcowej [30]. Myers i Fremes wykazali, że profilaktykę skierowaną na działanie przeciwspazmowe stosuje się w około 95% kanadyjskich ośrodków kardiologicznych, jednak nie wykazali danych z badań klinicznych potwierdzających zasadność stosowania tego typu profilaktyki [31].

Komplikacje w miejscu pobrania tętnicy promieniowej i funkcja przedramienia po pobraniu tętnicy promieniowej

Pooperacyjna ischemia dłoni po pobraniu tętnicy promieniowej jest bardzo rzadka, niezależnie od metody zastosowanej do oceny wydolności tętnicy łokciowej. W piśmiennictwie opisano jeden przypadek ischemii dłoni spowodowany przez wrodzony brak tętnicy łokciowej [32]. Powikłania neurologiczne występują najczęściej pod postacią parestezji przedramienia i dłoni z częstością określoną w piśmiennictwie na 1,6–30,1% [33, 34]. Nieprzyjemne odczucia sensoryczne w zakresie pobranej tętnicy znikają w okresie od kilku dni do kilku tygodni po zabiegu pobrania tętnicy. W dużym badaniu obejmującym 3977 pacjentów po pobraniu tętnicy promieniowej na potrzeby rewaskularyzacji naczyń wieńcowych stwierdzono małą liczbę powikłań w zakresie przedramienia i zadawalającą funkcję kończyny po pobraniu tętnicy promieniowej [35]. Chirurgiczne infekcje przedramienia po pobraniu tętnicy oscylują w granicach 1–4%, a rozwój krwaka występuje u mniej niż 4% pacjentów [36]. Pobranie tętnicy promieniowej nie pogarsza funkcji przedramienia ani napływu krwi do dłoni u pacjentów, u których uzyskano negatywny wynik testu Allena. Przedoperacyjne i pooperacyjne przepływy w przedramieniu w czasie spoczynku i wysiłku nie były odmienne w obu przedramionach [37].

gical wound infection varies between 1 and 4% and the development of forearm haematoma occurs in less than 4% of patients [36]. Harvesting the RA does not adversely affect subsequent forearm function or blood flow to a clinically notable degree in patients who exhibited a negative Allen test. Preoperative and postoperative forearm blood flow at rest and exercise induced ischemic reperfusion were not significantly different in either forearm [37].

Results

Postoperative myocardial infarction rates vary between 0 and 5.5% regarding the myocardial infarction reported in the territory of the RA graft [35]. The overall early patency rates of RA grafts in various series fluctuated from 76.9 to 100% [38–40] and are indicated in the mid-term and long-term overall angiographic patency rates of RA grafts for CABG, which varied from 87.5 to 96.5% [39–42]. Long-term angiographic results of lateral wall myocardial revascularization using RA grafts are favourable and comparable with RIMA grafts [43].

Comments

The use of the RA has been revived in conjunction with the availability of antispasm agents as well as improved harvesting techniques. The RA has become the second preferred arterial conduit, which can be used along with LITA to achieve total arterial or extensive arterial revascularization. Increasing interest in the use of the RA as a CABG has been based on encouraging early, mid-term, and long-term clinical and angiographic results, as well as the well-documented long-term failure of saphenous vein conduits. The RA is particularly sensitive to both the target artery location and the proximal target artery stenosis. Iaco and associates published long-term clinical and angiographic results [res4] for two different types of proximal anastomoses of the RA graft, either to the side of LITA or to the ascending aorta, indicating patency rates of RA to ITA of 95.6% (87 out of 91) and RA to aorta of 100% (26 out of 26). It was considered that proper target selection is potentially the principle determinant of RA patency rather than the grafting strategy chosen. It has been recommended by several authors that the RA should not be used for target arteries with less than 70% stenosis. It was possible for the RA to be harvested in the majority of patients because clinical contraindications were quite rare (positive Allen test, history of previous vascular trauma of the ipsilateral upper limb, Dupuytren's disease). Diabetes, old age, chronic obstructive pulmonary disease and obesity posed concerns with respect to sternal wound infection, which may therefore be considered a relative contrain-

Wyniki

Liczbę okołoperacyjnych zawałów serca szacuje się na 0–5,5% u pacjentów po pobraniu tętnicy promieniowej, w obszarze serca zaopatrywanym przez ten graft [35]. Ogólna wczesna drożność graftu z tętnicy promieniowej jest zmienna i oscyluje w granicach 76,9–100% [38–40]. Średnioterminowa i długoterminowa drożność graftu waha się w granicach 87,5–96,5% [39–42]. Długoterminowe odległe wyniki angiograficzne po rewaskularyzacji z użyciem tętnicy promieniowej są dobre i porównywalne z odnotowanymi w przypadku prawej tętnicy piersiowej wewnętrznej (RIMA) [43].

Komentarz

Ponowny wzrost zainteresowania tętnicą promieniową wiąże się z szerokim zastosowaniem leków zapobiegających spazmowi, jak również z polepszeniem techniki pobierania graftów. Tętnica ta stała się drugim najczęściej wybieranym graftem tętniczym, który pobierany równocześnie z tętnicą piersiową wewnętrzną umożliwia uzyskanie pełnej tętniczej rewaskularyzacji. Zwiększające się zainteresowanie tętnicą promieniową i jej zastosowanie bazuje na zachęcających wczesnych, średnioterminowych i długoterminowych angiograficznych wynikach drożności graftu, jak również na dobrze udokumentowanej tendencji do degeneracji pomostów wykonanych z żyły odpiszczelowej. Tętnica promieniowa jest szczególnie wrażliwa na dwa elementy, którymi są: rodzaj rewaskularyzowanej tętnicy i stopień zwężenia światła tętnicy docelowej. Iaco i wsp. opublikowali odległe obserwacje dotyczące wyników angiograficznych dla dwóch różnych typów proksymalnych zespożeń tętnicy promieniowej zarówno do boku tętnicy piersiowej wewnętrznej, jak też do aorty wstępującej. Wykazano, że drożność pomostów wykonanych do LIMA wynosiła 95,6% (87 spośród 91 badanych) i 100% dla zespożeń RA do aorty wstępującej (26 spośród 26 badanych). Wydaje się, że odpowiedni wybór miejsca do zespożenia na tętnicy wieńcowej jest głównym determinantem dalszej drożności graftu tętniczego. Wielu autorów sugeruje, by nie stosować tętnicy promieniowej jako grafu do naczyń, w których średnica zwężenia nie przekracza 70%. Tętnicę promieniową można wykorzystać u większości pacjentów, ponieważ przeciwwskazania do jej zastosowania są dość rzadkie (dodatni wynik testu Alena, wywiad wskazujący na poprzednią traumę naczyniową w zakresie naczyń przedramienia, przykurcz Dupuytren'a). Cukrzyca, zaawansowany wiek chorego, przewlekła obturacyjna choroba płuc, otyłość to czynniki, które powinno się uwzględnić jako przeciwwskazania do obustronnego pobierania tętnicy piersiowej wewnętrznej, a jednocześnie są

dication regarding the use of bilateral ITA harvesting in this group of patients, and it may, therefore, be preferable to use the RA instead of RITA. The RA is a versatile conduit and can be harvested easily, safely and concomitantly with LITA. It has been noted by many surgeons that RA graft patency rates decreased when grafted to coronary arteries that exhibited mild or moderate obstruction.

Prophylaxis against spasm of RA grafts is advocated by many investigators, although no randomized trials are available to support this practice.

We conclude that the radial artery is a very good conduit and should be in the armamentarium of each cardiac surgeon dealing with coronary surgery.

References

1. Carpentier A, Guermontprez JL, Deloche A, Frechette C, Dubost C (1973) The aorta-to-coronary radial artery bypass graft: a technique avoiding pathological changes in the graft. *Ann Thorac Surg*, 16: 111–121.
2. Carpentier A, Geha AS, Krone RJ, Mc Cormick JR, Baue AE (1975) Discussion of selection of coronary bypass: anatomic, physiological and angiographic considerations of vein and mammary grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 70: 414–431.
3. Acar C, Jebara VA, Portoghesi M et al (1992) Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*, 54: 652–666.
4. Ruengsakulrach P, Eizenberg N, Fahrer C, Fahrer M, Buxton BF (2001) Surgical implications of variations in hand collateral circulation. *Anatomy revisited. J Thorac Cardiovasc Surg*, 122: 682–686.
5. He GW (1999) Arterial grafts for coronary artery bypass grafting: biological characteristics functional classification and clinical choice. *Ann Thorac Surg*, 67: 277–284.
6. He GW, Yang CQ (2000) Comparative study on calcium channel antagonists in the human radial artery: clinical implication. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 119: 94–100.
7. Gaudino M, Tondi P, Serricchio M et al (2003) Atherosclerotic involvement of the radial artery in patients with coronary artery disease and its relation with mid-term radial artery graft patency and endothelial function. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 126: 1968–1971.
8. Hagiwara H, Ito T, Kamiya H, Akita T, Usui A, Veda Y (2004) Midterm structural changes in the radial artery grafts after coronary artery bypass. *Ann Thorac Surg*, 77: 805–810.
9. Starnes SL, Wolk SW, Lampman RM et al (1999) Noninvasive evaluation of hand circulation before radial artery harvest for coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 117: 261–266.
10. Sajja LR, Mannam G, Sompalli S (2002) Is Allen's test not reliable in the selection of patients for radial artery harvest? *Ann Thorac Surg*, 74: 296.
11. Johnson WH, Cromartie RS, Arrants JE, Wuamette JA, Holt JM (1998) Simplified method for candidate selection for radial artery harvesting. *Ann Thorac Surg*, 65: 1167.
12. Brodman RF, Frame R, Camacho M, Ha E, Chen A, Hollinger I (1996) Routine use of unilateral and bilateral radial arteries for coronary artery bypass graft surgery. *J Am Coll Cardiol*, 28: 959–963.
13. Kamiya H, Ushijima T, Kanamori T et al (2003) Use of the radial artery graft after transradial catheterization: is it suitable as a bypass conduit? *Ann Thorac Surg*, 76: 1505–1509.
14. Reyes AT, Frame R, Bordman RF (1995) Technique for harvesting the radial artery as a coronary artery bypass graft. *Ann Thorac Surg*, 59: 118–126.
15. Amano A, Takahashi A, Hirose H (2002) Skeletonized radial artery grafting: improved angiographic results. *Ann Thorac Surg*, 73: 1880.
16. Connolly MW, Torrillo LD, Stauder MJ et al (2002) Endoscopic radial artery harvesting: results of first 300 patients. *Ann Thorac Surg*, 74: 502–505.
17. Rukosujew A, Reichelt R, Fabricius AM et al (2004) Skeletonization versus pedicle preparation of the radial artery with and without the ultrasonic scalpel. *Ann Thorac Surg*, 77: 120–125.
18. Royle AG, Royle CF, Tatoulis J et al (2000) Postoperative radial artery angiography for coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*, 17: 294–304.
19. Maniar HS, Sundt TM, Barner HB et al (2002) Effect of target stenosis and location on radial artery graft patency. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 123: 45–52.
20. da Costa FDA, da Costa IA, Poffo R et al (1996) Myocardial revascularization with the radial artery a clinical and angiographic study. *Ann Thorac Surg*, 62: 475–479.
21. Calafiore AM, Di Giammarco G, Luciani N, Maddestre N, Di Nardo E, Anglini R (1994) Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization. *Ann Thorac Surg*, 58: 185–190.
22. Sajja LR, Mannam G (2002) Right internal mammary artery and radial artery composite in situ pedicle graft in coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*, 73: 1856–1859.
23. Kamiya H, Watanabe G, Takemura H, Tomita S, Nagamina H, Kanamori T (2004) Total arterial revascularization with composite skeletonized gastroepiploic artery graft in off-pump coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 127: 1151–1157.

24. He GW, Yang CQ (1997) Radial artery has higher receptor mediated contractility but similar endothelial function compared with mammary artery. *Ann Thorac Surg*, 63: 1346–1352.
25. He GW, Yang CQ (2000) Comparative study on calcium channel antagonists in the human radial artery: clinical implication. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 119: 94–100.
26. He GW (1998) Verapamil plus nitroglycerine solution maximally preserves endothelial function of the radial artery comparison with papaverine solution. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 115: 1321–1327.
27. Acar C, Ram Sheyi A, Pogny JY et al (1998) The radial artery for coronary artery bypass grafting: clinical and angiographic results at five years. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 116: 981–989.
28. Calafiore A, Di Giammarco G, Teodori G et al (1995) Radial artery and inferior epigastric artery in composite grafts improved midterm angiographic results. *Ann Thorac Surg*, 60: 517–523.
29. Cable DG, Caccitolo JA, Pearson PJ et al (1998) New approaches to prevention and treatment of radial artery graft spasm. *Circulation*, 98 (suppl II): 15–22.
30. Shapira OM, Xu A, Vita JA et al (1999) Nitroglycerin is superior to diltiazem as a coronary bypass conduit vasodilator. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 117: 906–911.
31. Myers MG, Fremes SE (2003) Prevention of radial artery graft spasm: a survey of Canadian surgical centres. *Can J Cardiol*, 19: 677–681.
32. Nunoo-Mensah J (1998) An unexpected complication after harvesting of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*, 66: 929–931.
33. Sajja LR, Mannam G, Sompalli S (2002) Neurological hand complications after radial artery harvest for coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 123: 585–586.
34. Dietl CA, Benoit CH (1995) Radial artery graft for coronary revascularization: technical considerations. *Ann Thorac Surg*, 60: 102–109.
35. Meherwal ZS, Trehan N (2001) Functional status of the hand after radial artery harvesting results in 3,977 cases. *Ann Thorac Surg*, 72: 1557–1561.
36. Reyes AT, Frame R, Brodman RF (1995) Technique of harvesting the radial artery as a coronary artery bypass graft. *Ann Thorac Surg*, 59: 118–126.
37. Hata M, Rosalion A, Seevanayagam S, Kohch K, Buxton BF (2002) Upper extremity deep vein thrombosis after radial artery harvesting. *Ann Thorac Surg*, 73: 1316–1317.
38. Acar C, Jebara VA, Portoghese M et al (1992) Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*, 54: 652–660.
39. Calafiore A, Di Giammarco G, Teodori G et al (1995) Radial artery and inferior epigastric artery in composite grafts improved midterm angiographic results. *Ann Thorac Surg*, 60: 517–523.
40. Iacó AL, Teodori G, Di Giammarco G et al (2001) Radial artery for myocardial revascularization long-term clinical and angiographic results. *Ann Thorac Surg*, 72: 464–469.
41. Acar C, Ram Sheyi A, Pogny JY et al (1998) The radial artery for coronary artery bypass grafting: clinical and angiographic results at five years. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 116: 981–989.
42. Possati G, Gaudino M, Alessandrini F et al (1998) Midterm clinical and angiographic results of radial artery grafts used for myocardial revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 116: 1015–1021.
43. Calafiore AM, Di Mauro M, D'Alessandro S et al (2002) Revascularization of the lateral wall: long-term angiographic and clinical results of radial artery versus right internal thoracic artery grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 123: 225–231.