

경피적 요골동맥도관 후 발생한 수지괴사

— 증례보고 —

울산대학교 의과대학 강릉아산병원 마취통증의학과, *성형외과

김성수 · 한상희 · 서민교 · 유성철*

Finger Necrosis Following Percutaneous Radial Artery Cannulation — A case report —

Seong Su Kim, M.D., Sang Hee Han, M.D., Min Gyo Suh, M.D., and Seong Cheol Yu, M.D.*

Departments of Anesthesiology and Pain Medicine, and *Plastic Surgery, Gangneung Asan Hospital, Ulsan University College of Medicine, Gangneung, Korea

Anesthesiologists commonly use arterial cannulation for both close blood pressure monitoring and repeated blood sampling for gas analysis. Radial artery cannulation is generally thought of as a safe and uncomplicated procedure, however, some possible complications have been reported. These include bleeding, hematoma, infection, pseudoaneurysm and thromboembolism, which do not usually result in any serious clinical problems. Although it is not common, thromboembolism could be serious because it can lead to digital ischemia and necrosis. We report here a case of finger necrosis following radial artery cannulation in a patient who underwent radical hysterectomy under general anesthesia. (*Korean J Anesthesiol* 2008; 54: 598~602)

Key Words: arterial cannulation, digital ischemia, necrosis, thromboembolism.

경피적 동맥도관은 수술실이나 중환자실에서 광범위한 수술환자나 혈액학적으로 불안정한 환자의 지속적인 혈액학적 감시와 동맥혈 가스분석 등을 위한 동맥혈 채취를 위해 널리 쓰이는 침습적 수기이다. 경피적 동맥도관시 요골동맥은 접근이 용이하고 부작용의 발생이 적어 가장 많이 이용되어진다. 이외에도 대퇴동맥, 액와동맥, 상완동맥, 척골동맥, 족배동맥, 후경동맥, 측두동맥을 통한 도관이 이뤄진다.

경피적 요골동맥도관은 안전하다고 알려져 있지만 일시적 혈관폐색, 출혈, 혈종, 감염, 가성동맥류, 혈전, 허혈성 손상 등의 합병증이 발생할 수 있다고 알려져 있고, 신경손상, 패혈증, 뇌동맥 색전증, 수지괴사 등의 심각한 합병증도 보고 되어 있다. 이중 수지괴사 같은 허혈성 손상의 발생은 0.1% 미만이라고 한다.^{1,2)} 우리나라에서도 이전에 경피적 요골동맥 도관에 대한 몇몇 연구 보고가 있었는데 합병증의 발생 대하여서는 외국의 경우와 비슷한 결과를 보고하고 있고, 마취와 관련된 심각한 합병증으로 3예의 수지괴사와

4예의 가성동맥류가 보고 되어있다.^{3,4)} 그러나 근래에는 수지괴사와 같은 심각한 합병증의 보고는 없었으며 마취와 중환자 관리에 보편화된 술기가 되었다. 그리고 방사선학적 중재적 시술 영역, 특히 관상동맥의 중재적 시술에서 요골동맥을 통한 도관이 증가함에 따라 이에 대한 연구와 보고가 많이 이뤄지고 있다. 저자들은 전신마취하에 근치적 자궁절제술을 받은 환자에서 요골동맥 도관을 시행한 후 부분적인 수지괴사를 경험하였기에 이에 대한 문헌적 고찰과 치료경험을 보고하고자 한다.

증 례

환자는 체중 62 kg, 신장 149 cm의 49세 여자로서 복부 통증을 주소로 내원하여 시행한 복부 초음파, 전산화단층촬영 및 자궁경부 조직검사서 자궁경부암으로 진단받아 전신마취하에 근치적 자궁절제술이 예정되었다. 이학적 검사상 이상소견은 보이지 않았고, 과거력상 두 번의 전신마취하에 제왕절개술을 받은 기왕력이 있었고, 만성 B형 간염 보균자였다. 술전에 시행한 흉부 방사선 사진, 심전도, 혈액 검사에 특이 소견은 없었다. 마취는 전신마취와 경막외 카테터를 통한 경막외 마취를 병용하고, 경막외 카테터는 술후 통증치료에 이용하기로 계획하였다. 전투약으로 수술실 이송

논문접수일 : 2008년 2월 21일

책임저자 : 김성수, 강원도 강릉시 사천면 방동리 415
강릉아산병원 마취통증의학과, 우편번호: 210-711
Tel: 033-610-3402, Fax: 033-641-8180
E-mail: sskim@gnah.co.kr

30분전에 midazolam 2 mg을 근주하였다. 환자가 수술실에 도착후 양팔을 벌린 앙와위에서 활력징후 감시를 위한 심전도와 비침습적 혈압측정기, 맥박산소계측기를 거치하였다. 마취전 환자는 혈압 130/80 mmHg, 심박수 80회/분, 맥박 산소포화도 98%로 모든 활력징후가 정상이었다. 마취는 thiopental sodium 300 mg을 정주하여 의식이 소실되는 것을 확인한 후 lidocaine 40 mg, rocuronium 50 mg을 정주하고 enflurane 3.0 vol%와 100% 산소로 용수 환기하였다. 적절한 근이완이 이루어진 것을 확인하고 7.0 Fr. 튜브로 기관내 삽관을 시행하고 인공호흡기를 이용한 조절 호흡을 하였다. 지속적인 혈역학적 감시와 동맥혈 가스검사를 위한 혈액의 채취목적으로 요골동맥도관을 시행했다. modified Allen's test를 시행하여 측부 순환이 충분함을 확인한 후 한번의 시도로 별다른 문제없이 우측 요골동맥에 20 G 48 mm polyurethane 도관(BD Angiocath Plus, Becton Dickinson Korea)을 거치하였다. 중심정맥압 측정과 수액 치료를 위해 우측 쇄골하 정맥에도 중심정맥 카테터를 거치하였다. 계획한대로 전신마취와 경막외 마취를 병용하기위해 경막외 카테터를 거치하고 시험용량을 주입하여 안전한 거치를 확인 후 0.25% ropivacaine 6 ml와 fentanyl 100 µg을 혼합하여 경막외 카테터를 통하여 주입하였다. 활력징후가 안정된 후 수술을 시작하였고, 지속적 동맥혈압, 심전도, 심박수, 맥박산소포화도, 중심정맥압 그리고 소변량을 감시하였다. 수술중 급격하지는 않았지만 출혈이 지속되어 세 차례 요골동맥 도관을 통해 동맥혈을 채취하여 동맥혈 가스분석을 시행하고 전해질과 수액, 혈액을 보충하였다. 그리고 수술시작 210분과 300분경에 수축기 혈압이 80-90 mmHg 정도의 저혈압과 이때 시행한 동맥혈 가스검사상 저칼슘혈증(0.55, 0.75 mmol/L)을 보인 것 이외에는 특별한 상황은 발생하지 않았다. 저혈압은 각각 ephedrine 5 mg 정주와 수액요법으로 치료 가능했고, 염화칼슘 300 mg을 2회 수액에 혼합하여 정주하였다. 총 수술시간은 480분이었고, 전해질 수액 6,650 ml, 혈장증량제 1,500 ml, 농축 적혈구 6단위와 신선냉동혈장 2단위가 투여 되었다. 수술이 종료된 후 근이완을 역전시켜 자발호흡이 돌아오고, 의식이 회복되어 기관내 튜브를 발관한 후 회복실로 이송하였다.

회복실에서 저체온을 예방하기 위하여 가온기를 적용하고 관찰하던 중, 우측 손의 감각이 저하되고, 우측 두 번째 수지 말단부에 1 × 2 cm 크기의 자반이 발견되었다. 바닥 쪽 손가락동맥분지의 색전증을 의심하여 즉시 요골동맥 도관을 제거하고 가온된 생리식염수와 가온 등을 준비하여 수지의 온도를 높여주며 관찰하였다. 도플러(Bidop ES-100V3, Hadeo Inc, Japan)를 이용한 요골동맥의 혈류를 측정해서 천자부위의 근위부에 비하여 원위부의 혈류속도가 증가되어 있었고, 요골동맥의 혈류를 확인할 수 있었다. 하지만

자반부위는 수포가 형성되어 도플러를 적용할 수 없었다. 자반 부위에 형성된 수포는 혈류의 흐름을 더욱 방해할 수 있을 것으로 생각되어 감압을 목적으로 16 G 주사바늘을 이용하여 장액성 삼출물을 배액 시켰다. 배액후 주사바늘로 수지의 원위부를 찔렀을 때 혈액이 흘러나오는 것을 확인할 수 있어 수지의 순환은 어느 정도 유지되고 있다고 판단하였다. 수포를 배액한 후 회복실에서 관찰 중 자반의 색깔이 얼어지고 감각저하정도가 감소하여 중환자실로 이송하였다. 중환자실에서 상지를 거상한 상태에서 가온 등을 설치해 수지의 온도를 높여주고, 자반부위를 바늘로 찔러 수지로 율혈된 혈액을 짜내고 헤파린 수액으로 세척해 주면서 젖은 상태를 유지해주었다. 이후 손의 저린감과 통증, 피부색이 완전하게 회복되지 않고 수지의 부종을 보여, 혈관외과의에 의해 감압을 위한 수지절개술이 시행되었다.

환자는 중환자실에서도 수술부위의 계속되는 출혈로 농축적혈구 3단위와 신선냉동혈장 5단위, 50% 알부민 100 ml, calcium gluconate 2 g을 투여하였다. 허혈을 보인 수지는 색깔이 호전되고 감각이 돌아오는 등 서서히 회복되는 양상을 보이다가 이후 별다른 변화를 보이지 않아 수술 3일째부터 고압산소치료를 시작하였다. 수술 19일째에 이환된 수지에서 삼출액이 보이기 시작하여 수지로 배액과 소독을 시행하며 관찰했으나 더 이상의 호전은 없었다. 고압산소치료에도 불구하고 수지괴사는 진행하여(Fig. 1) 수술 30일째에 수지말단 요측부의 3.5 × 1.2 cm 괴사부위를 제거하고, 일주일후 피부이식을 시행하여 환자는 퇴원하였다. 퇴원 후 6개월간의 추적관찰에서 수지의 움직임은 근위지관절, 원위지관절 모두 45도 이상 굴곡할 수 있을 정도였으나 제 2수지의 간헐적인 저린감과 동통은 남아있었다.



Fig. 1. Right index finger. Partial necrosis occurred after ipsilateral radial artery cannulation.

고 찰

동맥도관은 혈액학적 불안정을 보일 가능성이 있는 광범위한 수술 환자나 위중한 중환자 등에서 지속적인 동맥혈압의 감시와 동맥혈 가스분석을 위한 빈번한 혈액의 채취 목적으로 널리 이용되는 기술이다. 주로 요골동맥, 상완동맥, 대퇴동맥, 척골동맥, 액와동맥, 족배동맥 등이 이용되는데 이중 요골동맥이 측부순환이 존재하고 심각한 부작용의 발생이 적으며 쉽게 접근할 수 있는 이점 때문에 가장 많이 이용되어진다. 도관이 어렵거나 소아의 경우는 유도철사를 이용하거나 초음파를 이용한 도관도 소개되어 있다. 아울러 중재적 기술의 발달로 관상동맥 조영술을 위한 접근로로서의 이용도 보편화되어 있고, 대뇌 혈관조영술이나 다른 혈관성형술에도 요골동맥의 이용이 증가하고 있다. 요골동맥 도관 전 척골동맥에 의한 측부순환의 정도는 도플러를 이용하여 측정하거나, modified Allen's test를 시행하여 양성이면 적절하다고 판단하고 있다.⁵⁾ 저자들의 경우도 요골동맥도관을 시행하는 모든 환자에서 modified Allen's test를 시행하고 있고, 본 증례의 환자에서도 양성의 결과를 얻은 후 도관 하였다. 반면에 Slogoff 등은⁶⁾ Allen's test가 말초혈관질환이 없는 경우 요골동맥삽관으로 인한 허혈성 합병증 발생의 예측을 가능케 하는 검사로서의 구실을 다하지 못한다고 주장하고도 있다.

다른 동맥과 마찬가지로 요골동맥 도관의 부작용으로는 동통, 출혈, 혈종, 색전증, 감염, 가성동맥류, 일시적 혈관폐쇄, 영구적 허혈성 손상, 정중신경 손상, 혈관염, 구획증후군 등이 있다.¹⁶⁾ 이중 일시적 혈관폐쇄가 가장 많으며 35%까지 보고하고 있으나,⁷⁾ 대부분의 연구에서 20% 정도의 발생을 보고하고 있고, 심각한 허혈성 손상을 남겼다는 보고는 드물다. 우리나라에서의 연구 중 대상이 300명으로 가장 많았던 Kim 등의⁸⁾ 보고에 의하면 22%에서 도관 후 요골동맥의 폐색이 있었다. 하지만 임상적으로 심각한 합병증은 남기지는 않아 경피적 요골동맥도관은 위험성이 낮고 이점이 많은 감시법이라고 결론지었다. 본 환자에서는 회복실에서 수지의 이상이 발견되고 공기나 혈전에 의한 색전증을 의심하였는데 공기에 의한 색전증은 수술 중 세 차례, 특히 수술종료 90분전 마지막 동맥혈 채취 시에도 수지는 정상적이었고 수술이 종료된 후 회복실로 이송하기위하여 동측 제 3 수지에 거치했던 맥박산소계측기의 감지기를 제거할 때도 제 2 수지의 이상을 발견하지 못했기 때문에 가능성이 낮다고 판단하여 혈전에 의한 색전증을 의심하고 치료를 하였다.

요골동맥도관 시 혈전의 생성은 도관의 크기나 재질, 천자횟수, 거치기간 및 성별, 연령, 체중 등과 관련이 있다고

보고 되고 있다.⁹⁻¹¹⁾ 우리나라에서도 앞에서 언급한 Kim 등의⁸⁾ 보고에서도 연령, 도관의 크기, 천자횟수, 거치기간 등이 요골동맥 폐색의 주요인자라 하였다. 이중 본 증례에서 혈전형성에 기여했을 것으로 사료되는 인자는 비만과 여자인 점이다. 도관에 의해 혈관내벽이 직접적인 기계적 손상을 받거나 거치된 도관에 의해서 혈관내경이 좁아져 혈류속도가 증가되어 와류가 일어나면 혈관내벽의 손상을 일으킨다. 이런 원인에 의해 혈관내피하부조직이 혈액에 노출되면 혈소판의 응집이 일어나고 그 주위에 고원질 등이 유착되어 혈전이 생성된다.¹²⁾ 그래서 가능하면 같은 부위의 천자횟수를 줄여야하고, 혈관의 크기가 작을 것으로 예상되면 다른 동맥의 천자를 고려하는 것이 혈전의 생성을 줄일 수 있을 것이라 생각된다. 수술 중 증례의 환자가 수차례 저혈압을 보였었는데, 심박출량이 저하된 환자에서 요골동맥의 폐색이 많다는 보고도 있고,¹³⁾ 저혈압 환자에서 수축촉진약(inotropic drug)을 사용할 경우 합병증의 발생이 더 흔하다는 보고도 있다.¹⁴⁾ 반면에 Cederholm 등은¹⁵⁾ 저혈압과의 관련성은 적다고 보고하고 있다. 하지만 Mangano나¹³⁾ Gardner의¹⁴⁾ 보고를 볼 때, 수술전후 지속적으로 출혈이 있어 다량의 수액과 혈액의 투여에도 불구하고 혈관수축제와 칼슘의 투여를 필요로 했던 점을 고려하면 수차례의 일시적 저혈압이 수지의 허혈에 전혀 영향이 없었다고는 할 수 없을 것이다. 도관의 거치기간에 대해서는 여러 보고에서 48-72시간 이상에서 심각한 요골동맥의 폐색을 보고하고 있어, 환자의 움직임이 없는 수술중의 거치만으로는 큰 문제가 되지 않으리라 생각된다. 혈전이 생성되어 동맥이 폐색되어도 측부순환을 통해 혈류가 유지되고, 대부분 혈전이 용해되어 재개통이 이뤄지지만 길게는 재관류에 수십일 까지도 걸린다고 한다. 우리나라의 경우 Yoo 등은¹⁶⁾ 심장수술을 받은 49명을 대상으로 시행한 연구에서 요골동맥도관 제거 후 제5일에 33.9%, 제7일에 76.9%에서 순환이 재개되는 것으로 보고하고 있다. 그리고 연령에 있어 노인, 특히 체중이나 체질량지수가 낮고, 피부가 얇을수록 허혈성 합병증의 위험성이 높다고 한다. 이는 이런 환자에서 상대적으로 요골동맥의 직경이 작기 때문인 것으로 생각된다.¹⁰⁾ 그리고 몇몇 질환이 혈전형성의 위험성이 높다고 알려져 있는데 현재까지 혈전의 형성과 관련하여 보고 되어있는 질환을 보면 혈소판증가증, 골수증식질환, 고지단백질혈증, 미만혈관응고(DIC), Raynaud's disease, 당뇨, 말초혈관질환, 심질환 등이다.¹⁷⁾ 도관의 제거 후 지혈을 위한 압박의 방법도 혈전의 형성 및 동맥의 폐색과 관련이 있다고 한다. Sanmartin 등의¹⁸⁾ 보고에 의하면 도관 제거 후 일반적인 방법으로 2시간동안 요골동맥을 압박시 압박의 제거 직후에 58%에서 요골동맥 혈류가 없었으며 7일 후에도 10.5%에서 혈류가 없어 요골동맥 폐색을 강하게 의심할 수 있는 인자라 주장했

다. 근래 들어서는 중재적 시술 영역에서부터 콜라젠을 이용한 압박대나 생흡수성 혈관문합 기구들이 개발되어 이용되어지고 있다.

수지의 허혈은 가능한 빨리 발견하여 도관을 제거하고 치료를 시작해야 하는데, 본 증례에서 아쉬운 점은 좀 더 일찍 수지의 허혈을 감지하지 못한 것과 수포의 배액후 주사바늘로 수지를 찔러 혈액이 배출되는 것으로 완전하지는 않지만 혈액순환이 이뤄지고 있을 것 이라고 허혈의 정도를 낮게 판단한 점이다. 요골동맥 도관이 철저한 혈액학적 감시가 요구되는 모든 영역에서 일반적으로 이뤄지는 시술이기 때문에 시술후 세심한 주의를 기울이지 않는 경우가 많다. 그래서 수지 허혈의 발견이 늦어질 가능성이 많으며, 수술 중에는 대부분 수술포에 의해 환자의 수지가 덮여있기 때문인 이유도 있다. 그래서 맥박산소계측기의 감지기를 도관한 팔과 동측 수지에 설치하는 경우도 있지만 혈압계와의 간섭이나 측정자의 민감도를 위하여 대부분은 반대측 수지에 거치하게 된다.

요골동맥 도관후 수부의 허혈이 일어나면 환자는 동통, 감각이상, 피부색깔의 변화 등을 나타낸다. 증례에서는 환자가 마취에서 완전히 회복되기 전에 발견되어 피부색깔의 변화를 먼저 발견하였고, 환자가 마취에서 회복된 후에는 동통과 감각저하를 호소하였다. 허혈이나 색전증이 의심되면 즉시 도관을 제거하고 혈류의 이상유무를 검사해야하는데, 혈관박동의 촉지나 도플러를 이용한 방법이 주로 이용되어지고, 도플러의 이용시 삼관 부위 전후의 혈류를 측정해 비교하여야한다. 하지만 본 증례에서의 경험을 보면 도관 제거 후 지혈을 위하여 압박을 가하기 때문에 즉각적인 도플러의 적용에 어려움이 있고, 압박으로 인한 혈류의 감소와 혈전으로 인한 혈류의 감소를 구분할만한 마땅한 기준이 없다는 문제가 있었다. 그리고 도관을 제거하기 전에 도플러를 시행하는 것도 고려해볼만한 일이다. 정확한 진단을 위해서는 혈관조영술을 시행할 수 있다. 증례에서는 피부변색부위가 명확하게 한정되어 나타나 폐색부위의 예측이 가능하다는 혈관외과의의 판단으로 혈관조영술을 시행하지 않았다. 수지의 허혈성 손상은 혈류를 증가시키는 처치를 시행하는 것이 도움을 줄 수 있는데 정상체온을 유지 해주면서 상지를 거상하고 수지의 온도를 높여주며, 반복적인 교감신경차단, 동맥내 verpamil 주입, 헤파린이나 저분자량 dextran 주입 등이 보고 되어있다.^{17,19)} 증례에서는 수술부위의 지속적인 출혈로 인하여 헤파린을 정주하는 대신 헤파린 희석액으로 세척하였고, 수지의 혈행에 도움을 주고자 수포의 배액과 가온, 상완의 거상자세를 유지시켰다. 이러한 비수술적인 내과적 처치와 혈전제거술이나 첩포(patch)를 이용한 혈관성형술 같은 수술적 치료가 예후에 있어 차이를 보이지는 않는다고 한다.²⁰⁾

요약하면 지속적인 혈액학적 감시와 빈번한 동맥혈액의 채취를 위한 경피적 요골동맥도관은 비교적 안전하며 심각한 부작용의 발생의 적다고 알려져 있다. 하지만 시행 전 측부순환의 확인과 더불어 신중한 시술과 관리, 지속적인 수부혈행의 감시가 환자에게 가져올 수 있는 치명적 합병증을 예방할 수 있을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Weiss BM, Gattiker RI: Complications during and following radial artery cannulation: a prospective study. *Intensive Care Med* 1986; 12: 424-8.
2. Scheer B, Perel A, Pfeiffer UJ: Clinical review: complications and risk factors of peripheral arterial catheters used for haemodynamic monitoring in anaesthesia and intensive care medicine. *Critical Care* 2002; 6: 199-204.
3. Song SO, Lee KS, Kim HD: Extremity amputation following radial artery cannulation in two patients with craniotomy. *Korean J Anesthesiol* 1988; 21: 840-5.
4. Park CH, Kim BI, Kang WJ: Pseudoaneurysm following cannulation of radial artery in cerebral aneurysm patient. *Korean J Anesthesiol* 2000; 38: 559-62.
5. Bedford RF, Wollman H: Complication of percutaneous radial-artery cannulation: an objective prospective study in man. *Anesthesiology* 1973; 38: 228-36.
6. Slogoff S, Keats AS, Arlund C: On the safety of radial artery cannulation. *Anesthesiology* 1983; 59: 42-7.
7. Bedford RF: Wrist circumference predicts the risk of radial-arterial occlusion after cannulation. *Anesthesiology* 1978; 48: 377-8.
8. Kim DO, Choi YK, Kang WJ, Lee DI, Shin KI: Clinical evaluation of percutaneous radial artery cannulation. *Korean J Anesthesiol* 1985; 18: 135-9.
9. Dahl MR, Smead WL, McSweeney TD: Radial artery cannulation: a comparison of 15.2- and 4.45-cm catheters. *J Clin Monit* 1992; 8: 193-7.
10. Li AH, Yeih DF, Chen KC, Chu SH, Weng CS: The thicker skin fold, the less hematoma development: the novel parameter other than body mass index associated with transradial vascular complication. *Angiology* 2007; 58: 597-602.
11. Bedford RF: Radial arterial function following percutaneous cannulation with 18- and 20-gauge catheters. *Anesthesiology* 1977; 47: 37-9.
12. Mustard JF, Packham MA: Thromboembolism: a manifestation of the response of blood to injury. *Circulation* 1970; 42: 1-21.
13. Mangano DT, Hickey RF: Ischemic injury following uncomplicated radial artery catheterization. *Anesth Analg* 1979; 58: 55-7.
14. Gardner RM, Schwartz R, Wong HC, Burke JP: Percutaneous indwelling radial-artery catheters for monitoring cardiovascular function. Prospective study of the risk of thrombosis and infection. *N Eng J Med* 1974; 30: 1227-31.
15. Cederholm I, Sorensen J, Carlsson C: Thrombosis following

- percutaneous radial artery cannulation. *Acta Anesthesiol Scand* 1986; 30: 227-30.
16. Yoo MS, Baik HJ, Kim SD, Kim KW: A clinical study on percutaneous radial artery cannulation. *Korean J Anesthesiol* 1986; 19: 122-7.
17. Rehfeldt KH, Sanders MS: Digital gangrene after radial artery catheterization in a patient with thrombocytosis. *Anesth Analg* 2000; 90: 45-6.
18. Sanmartin M, Gomez M, Runoroso JR, Sadaba M, Martinez M, Baz JA, et al: Interruption of blood flow during compression and radial occlusion after transradial catheterization. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; 70: 185-9.
19. Baker RJ, Chunpraph B, Nyhus LM: Severe ischemia of the hand following radial artery catheterization. *Surgery* 1976; 80: 449-57.
20. Valentine RJ, Modrall JG, Clagett GP: Hand ischemia after radial artery cannulation. *J Am Coll Surg* 2005; 201: 18-22.
-