



Interventional Management for Pelvic Trauma

골반 외상 인터벤션

Jung Han Hwang, MD , Jeong Ho Kim, MD* , Suyoung Park, MD

Department of Radiology, Gil Medical Center, Gachon University College of Medicine, Incheon, Korea

ORCID iDs

Jung Han Hwang <https://orcid.org/0000-0002-0872-0956>

Jeong Ho Kim <https://orcid.org/0000-0002-1404-2821>

Suyoung Park <https://orcid.org/0000-0001-9688-3239>

Traumatic pelvic injuries usually include high-energy crush injuries and are associated with significant morbidity and mortality. Mortality rates range from 6% to 15% and increase to 36%–54% in cases of fractures that result in increased pelvic volume. Therefore, retroperitoneal hemorrhage can spiral and progress to hemorrhagic shock. Pelvic hemorrhage most commonly occurs secondary to disrupted pelvic veins or fractured bones, and 10%–20% of cases involve arterial injuries. Owing to extensive bleeding and limitations of surgery for pelvic hemorrhage, interventional treatment is at the forefront of pelvic hemorrhage management. CT is an accurate indicator of active hemorrhage in patients with pelvic trauma that affects the diagnosis and management, including interventions. Identification of the site of hemorrhage is necessary for focused interventional treatment. The current trend toward a more conservative approach for treatment of pelvic trauma and advances in interventional radiology in the field of pelvic trauma may favor widespread use of interventional treatment for patients with pelvic injuries. In this review, we discuss therapeutic modalities available to the interventional radiologist and common angiographic treatment strategies and techniques.

Index terms Embolization, Therapeutic; Interventional Radiology; Pelvis; Trauma

서론

골반 외상은 교통사고나 추락 등 심한 둔상 환자에서 3%–9%의 빈도로 발생하며, 고에너지 손상으로 인해, 다른 장기 손상을 동반하는 경우가 많다(1). 골반 외상과 관련된 출혈은 대부분 골반 내 정맥이 손상되거나, 해면골이 골절되어 발생하지만, 10%–20%는 동맥 손상으로 인해 발생한다. 해면골 골절로 인한 출혈이나 정맥 손상에 의한 출혈은 주위 조직에 의한 눌림 효과(tamponade effect)에 의해 자연히 감소되지만, 골반 골절이 심하여 골반의 용적이 증가하였을 경우 상당한 출혈을 동반하여 환자의 사망률이 크게 증가한다(2). 유럽 외상 데이터베이스를 기반으로 한 연

Received March 31, 2023

Revised June 10, 2023

Accepted June 28, 2023

*Corresponding author

Jeong Ho Kim, MD

Department of Radiology,

Gil Medical Center,

Gachon University

College of Medicine,

21 Namdong-daero 774beon-gil,

Namdong-gu, Incheon 21565,

Korea.

Tel 82-32-460-3063

Fax 82-32-460-3065

E-mail ho7ok7@gilhospital.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

구에 따르면, 치골결합이 5 cm가 벌어질 경우 골반의 잠재적 부피는 20% 정도 증가하며, 10 cm가 벌어지면 40%까지 증가하게 되어 골반 내로 많은 양의 내출혈을 일으킬 수 있다고 한다(3). 따라서 혈액학적 불안정을 동반한 동맥 출혈 환자의 경우 빠르게 골반 용적을 감소시키고 골반을 안정시키는 치료가 필요하며, 또한 초기 수술적 치료는 골반 주위 조직에 의한 눌림 효과를 없애 오히려 대량 출혈을 일으킬 수 있어, 불안정형 골절 환자의 경우 대부분 혈관조영술 및 색전술을 먼저 시행한다(2, 4). 또한 World Society of Emergency Surgery는 해부학적 체계와 혈액학적 평가를 동시에 고려하여 골반 손상에 대한 치료 알고리즘을 minor, moderate, severe로 나누어 제시하였고, moderate 및 severe 손상은 필수적으로 혈관조영술 및 색전술을 권한다. 골반 외상 환자에서 출혈의 위치는 대부분 골절 위치인 경우가 많기 때문에 골반 골절의 유형을 파악하는 것은 중요하다(5). 골절 위치를 파악하게 되면, 개략적인 출혈 동맥을 특정할 수 있으며, 환자의 실혈 정도를 가능하여 임상적 예후를 예측할 수 있다. 따라서 출혈을 동반한 골반 외상 환자에 있어 정확한 영상의학적 진단과 그에 따른 인터벤션 치료는 1차적인 역할을 수행하고 있다(6).

영상 진단

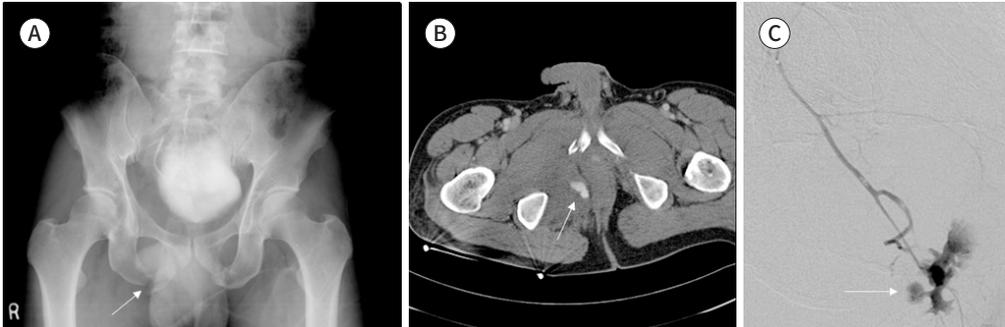
안정형 골절의 경우에는 상대적으로 출혈량이 적어 24시간 평균 실혈 예측량이 적은 반면, 골반 골의 벌어짐을 동반하는 불안정 골절의 경우 골반 용적이 크게 증가할 수 있어 24시간 평균 실혈 예측량은 크게 증가한다고 여러 연구에서 증명하였다(7-9). 따라서, 골반 골절 유형을 통해 환자가 직면하고 있는 출혈의 정도를 가늠해 볼 수 있고 혈액학적 불안정성과 관련하여 지혈의 응급도를 추정할 수 있기 때문에, 일반적으로 골반 손상 환자에서 단순촬영이나 CT 촬영은 필수적으로 시행된다. 전후 골반 단순촬영은 빠르고 쉽게 골반 골절의 유형을 파악하여 골반의 용적 증가와 골반의 안정성 여부를 알 수 있다. 다만 삼차원적인 영상이 아니므로 정확한 골절 부위를 예측하기가 상대적으로 어려울 수 있다(10). CT는 상대적으로 시간이 걸리나 골반골절의 유형, 혈종의 위치와 양, 혈관의 손상 정도와 출혈 부위를 정확히 알 수 있고 동반된 골반내 장기의 손상을 확인할 수 있다. 특히 골반 외상 환자에서 출혈의 위치는 대부분 골절 위치인 경우가 많고, 내장골동맥의 분지인 상둔동맥(superior gluteal artery) 및 하둔동맥(inferior gluteal artery)의 동맥 출혈 중 가장 많이 발생한다. 그 외에도 골반의 혈류를 공급하는 다양한 동맥들이 손상을 입을 수 있기 때문에, 인터벤션 시술 전에 치료 계획을 세울 때, CT 소견에 대한 주의 깊은 검토가 필요하다(6, 11). 특히 CT에서 볼 수 있는 조영제의 혈관 외 유출(contrast extravasation)은 연계되는 혈관조영술에서 가장 신뢰할 수 있는 지표라고 알려져 있다(Fig. 1) (12). 하지만, 실제 혈관조영술에서 CT상의 혈관 외 유출 소견은 골반 외상 환자 CT에서 특정하기 어려운 경우가 많아 최근에는 동맥 분지의 불규칙성이나 절단, 가상동맥류 및 동정맥류 소견 등을 다양하게 종합하여 판단하며 그 소견은 다음과 같다(13, 14). 혈관과 연결되어 있는 원형의 조영증강 병변이 있다면 거짓동맥류(pseudoaneurysm)를 의심할 수 있고, 동맥기 영상에서 동맥 근처 정맥이 강하게 조영된다면 외상성 동정맥류를 의심할 수 있다. 동맥 분절 협착(segmental narrowing)은 박리(dissection) 혹은 혈관 연축에 의한 것일 수 있으며, 동맥 내강의 조영제 충만 결손(contrast filling defect)이 보인다면 혈

Fig. 1. A 42-year-old male with pelvic trauma secondary to a traffic accident.

A. Plain radiograph shows a fracture with dislocation of the right inferior pubic ramus (arrow).

B. CT scan shows contrast agent extravasation, corresponding result of the plain radiograph (arrow).

C. Confirmatory selective right inferior gluteal angiography scan shows definite contrast leakage (arrow).



전이나 박리를 의심할 수 있다(15). 초기 단순 촬영 영상에서 불안정 골절이 심하거나, CT상에서 골반 동맥의 손상이 보이지 않더라도 임상적으로 지속적인 혈역학적 불안정성이 있어 수혈을 필요로 하고, CT에서 골반 혈종의 범위가 넓은 경우에는 혈관조영술을 고려해야 한다(Fig. 2) (16-19).

치료 방법: 일반적 치료

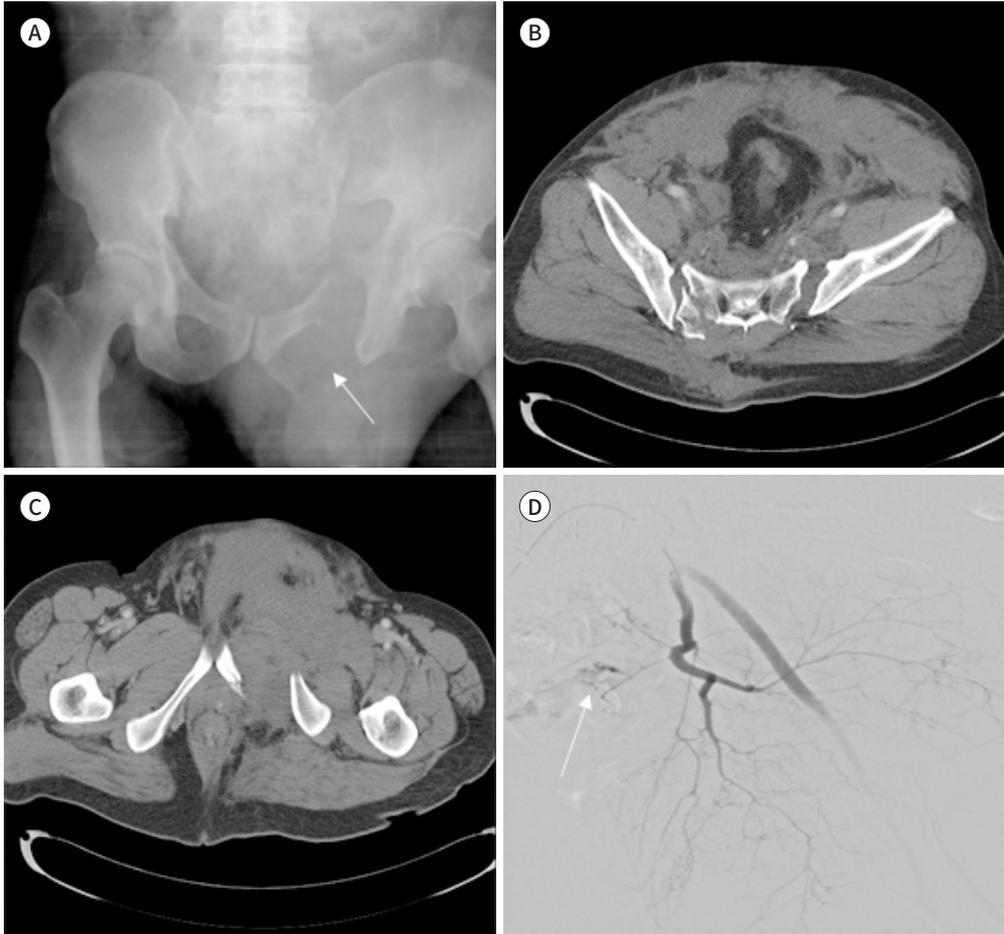
불안정형 골반 골절에 의한 출혈을 감소시키기 위해서는 골반의 용적을 줄이거나 골반고리를 안정화시키는 것이 중요하다. 골반 손상이 의심되는 환자의 경우에 병원에 도착하기 전부터 골반천(pelvic sheet)나 골반복(pelvic binder) 등을 사용할 수 있다. 골반천이나 골반복대를 이용한 임시 고정은 불안정한 골절에서 효과적으로 쓰일 수 있다(20, 21). 외고정 장치의 사용은 불안정성 골반 손상 환자에서의 초기 치료로 매우 유용하게 쓰일 수 있지만, 골반의 전방부에서 핀이 삽입되고 핀과 막대의 고정부위 역시 골반의 전방에 위치하기 때문에 뒤쪽 골반골의 전위에 대한 정복 및 유지에는 한계가 있으며 때로는 뒤쪽 골반골의 전위를 악화시킬 수 있기 때문에 주의해야 한다(22). Pelvic clamp는 불안정해진 천장관절(sacroiliac joint)에 직접적인 압박력을 주어 골반 자체의 안정성뿐 아니라 혈역학적으로 불안정성의 회복을 기대할 수 있는 방법이며 적응증은 천장관절의 탈구나 장골의 골절을 동반한 불안정성 골절이다. 전복막 골반내 거즈충전(preperitoneal pelvic packing)은 치골 위 방면으로 절개를 넣어서 복막이 침범되지 않게 주의하면서 거즈를 전복막에 넣어주는 방식으로 불안정 골반 손상에서 골반의 부피가 늘어난 것을 눌림 효과를 통해 다시 감소시킨다. 혈관조영술이 필요하지만 시술까지 시간이 필요할 경우 간편하고 빠른 술기로 골반내 출혈을 효과적으로 제어할 수 있어 도움이 되나 추후 감염이 발생할 가능성이 있다고 보고된 바 있다(23, 24). 따라서 환자가 출혈이 제어되고 회복되면 24-48시간 내에 다시 거즈를 제거해야 한다.

Fig. 2. A 75-year-old male with pelvic injury secondary to a pedestrian accident. The patient's initial blood pressure was 100/80 mmHg but significantly decreased to 70/40 mmHg in the observation unit while awaiting radiography, one hour after admission.

A. Plain radiograph shows a fracture with diastasis of the left pubic bone (arrow).

B, C. CT scans shows a diffuse hematoma in the pelvic cavity, without definite evidence of contrast extravasation.

D. Left iliac angiography scan shows contrast extravasation (arrow), which is not observed on the CT scans.



치료 방법: 인터벤션 시술

Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA)

골반의 대량 출혈로 인하여 환자가 혈액학적으로 불안정한 경우에는 가능한 한 빠른 시간 내에 색전술을 시행하는 것이 중요하다. 빠른 시술이 불가능한 경우 폐쇄풍선(occlusion balloon)으로 일시적으로 출혈을 멈추어 수술 시 혈액 손실을 줄일 수 있으나 손상이 악화될 수도 있으므로 주의해서 시행하여야 한다(25). 소생대동맥혈관내풍선폐쇄술(resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta; 이하 REBOA)은 소생술의 한 방법으로 의료용 풍선 카테터를 사용하여 대동맥의 혈류를 차단시켜 차단 하부 동맥의 출혈량을 감소시키고 혈액의 흐름을 재분배할 수 있다. 또한 출혈 부위에 따라 대동맥 폐쇄의 위치를 바꿀 수 있어 타장기의 과다 출혈을 줄일 수 있

다. REBOA는 “bridge to surgery”로 불리기도 하는데, 이는 대동맥 차단으로 인한 부작용을 최소화하기 위해 긴급적 신속하게 인터벤션 시술이나 수술을 시행해야 함을 의미한다(26, 27). 풍선의 설치 위치에 따라 대동맥을 Zone I (왼쪽 쇄골하동맥 기시부의 하방—복강동맥 기시부 상방), Zone II (복강동맥 기시부—신장동맥 기시부 하방), 그리고 Zone III (신장동맥 하방—대동맥 분지부위 전)로 나뉜다. 배 안의 출혈이 동반된 경우는 Zone I이 효과적이고, 골반 손상으로 인한 출혈이 있다면 Zone III를 시행하는 것이 효과적이다. 허혈 합병증을 최소화하려면 보통 30–40분 내로 폐쇄를 시행하고 60분을 넘기지 않는 것을 원칙으로 한다. 또한 손상 부위에 대한 치료가 성공하게 되어 환자의 활력징후가 안정되게 되면, 풍선 카테터의 감압을 시행해야 한다. 이때 주의할 점은 빠른 감압은 환자의 혈압을 급격하게 떨어뜨릴 수 있으므로, 풍선 감압 시 환자의 활력 징후를 섬세하게 모니터링하면서 천천히 감압을 하는 것이 좋다. 또한 재개통에 따른 재개통 손상이 있을 수 있으므로 시술 후 집중적인 관리와 치료가 필요하다. REBOA를 시행하는 방법은 다음과 같다. 일반적으로 총대퇴동맥이 접근 경로로 사용되며, 이는 다른 동맥 인터벤션 치료와 마찬가지로 천자에 의한 합병증을 최소화하고 치료 종료 후 접근 경로의 압박을 용이하게 하기 위함이다. 총대퇴동맥을 천자 후 유도철사(guide wire)를 통해 7Fr sheath를 삽입한 뒤, 배꼽에서부터 대퇴동맥 카테터 삽입부위까지 거리를 측정한 다음 REBOA 카테터를 측정된 거리만큼 밀어 넣고 나서 적당한 저항이 느껴지거나 반대쪽 대퇴동맥의 맥박이 소실될 때까지 식염수 혹은 식염수와 조영제 1:1 혼합액 15–20 mL 정도로 풍선을 팽창시킨다. 풍선의 위치는 C-arm이나 투시검사를 통해 확인할 수 있으나, 상황이 되지 않는다면 단순방사선촬영으로도 확인할 수 있다(Fig. 3).

인터벤션의 기술적 고려 사항

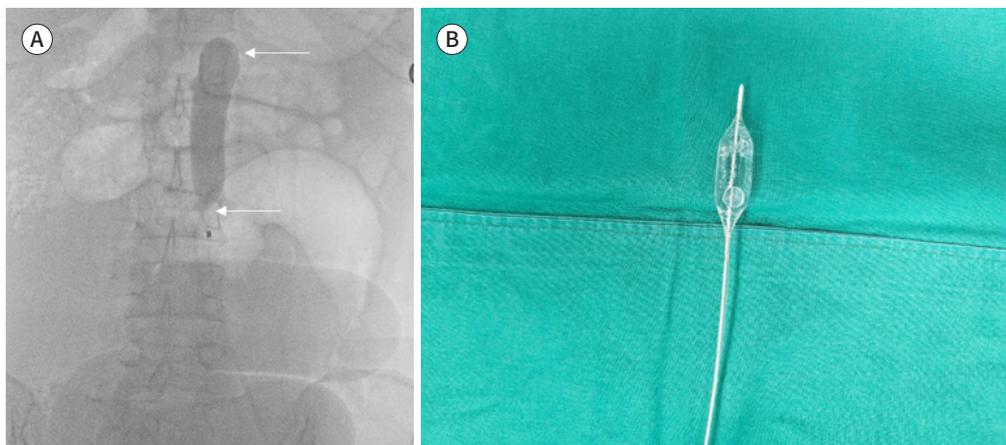
일반적으로 골반 손상이 덜 심한 쪽의 총대퇴동맥을 천자한다. 저혈압이 있거나 골반 바인더로 인해 대퇴동맥 천자부위의 박동을 확인하기 힘들다면, 초음파 유도하에 천자를 하거나 적절히 골반 바인더를 천자부위를 보이게 제거하여 접근하면 된다. 또한 REBOA, A-line 등의 기존에 거치

Fig. 3. A 27-year-old female with pelvic injury secondary to a traffic accident.

A. Plain radiograph shows an indicator of Zone III REBOA (arrows).

B. Actual product photograph of REBOA.

REBOA = resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta



된 sheath가 있다면, 그 경로를 사용할 수 있다. 광범위한 골반 연조직 외상 또는 대퇴동맥 접근을 불가능하게 만드는 손상이 있는 경우 일반적으로 겨드랑동맥 또는 상완동맥 접근방법을 사용했지만, 최근에는 요골동맥 접근법이 응급 외상환자에게 있어 대퇴동맥 접근법과 유사한 기술적 성공률을 보이고 있다(28). 접근 방식에 관계없이 sheath의 삽입은 환자의 혈관조영 및 시술을 위해 최대한 빠르고 안전하게 이루어져야 하며, 6F sheath를 삽입할 경우, 5F 카테터로 시술을 하는 동안 sheath를 A-line으로 사용할 수 있어 유용하다.

장골동맥 선택에는 주로 5F 카테터를 쓰지만, 소아나 혈관 연축이 심할 경우 4F를 사용하거나 영아의 경우 마이크로 카테터만을 사용하는 경우도 있다. 출혈의 위치를 정확하게 특정하고 원인이 되는 혈관 선별을 위해, 필요에 따라 다양한 각도로 혈관조영술을 시행한다. 비선택적 혈관조영술은 혈관의 해부학적 구조나 변이를 전체적으로 파악할 수 있고 출혈 혈관을 신속하게 찾을 수 있다는 장점이 있다. 출혈부위가 보인다면, 그 부위를 시술 전 CT와 비교 분석하고 선택적 혈관조영술과 색전술을 순차적으로 시행한다. 비선택적 혈관조영술에서 출혈부위가 보이지 않더라도, CT상에서 의심되는 병변이 있는 경우에도 필수적으로 선택적 혈관조영술을 시행해야 한다. 일반적으로 출혈하는 분지혈관에서 초선택적 색전술을 시행하는 것이 합병증의 감소에 도움이 되지만 심한 혈관경련수축이 있거나 복잡한 해부학적 구조로 인하여 출혈 부위까지 접근하기가 어려운 경우에 초선택적 색전술에 시간을 허비하게 되면 색전술을 시행하더라도 출혈이 지속적으로 일어나고 수혈 양이 많아져 결국 응고병증 상태에 빠져 환자가 더욱 악화될 위험성이 높아진다. 따라서, 혈액학적으로 불안정한 환자의 경우에는 시간이 지날수록 사망예측도가 증가하기 때문에, 선택적 혈관조영술을 위해 시간을 허비하기보다, 빠른 색전술이 환자를 살리는 데 도움이 된다(Fig. 4) (29). 여러 논문들에 따르면, 인터벤션 시술에 있어, 출혈 의심 혈관을 선택하여 초선택적 색전술을 시행하는 것도 중요하지만, 혈액학적 불안정이 심하다면, 환자의 생명을 살리기 위해서는 넓은 부위를 색전하는 비선택적 색전술을 적극적으로 고려할 것을 권장하고 있다(30, 31). 이런 상황에서 광범위 비선택적 색전술을 할 경우, 젤라틴 스펀지는 색전 물질로서의 유효성, 빠른 흡수성, 사용 용이성 등으로 인해 가장 일반적으로 사용된다(2, 32). 내장골동맥에서의 여러 부위에서 많은 양의 출혈로 인하여 혈액학적으로 불안정한 환자의 경우 광범위한 부위에 비선택적 색전술을 시행하면, 색전 효과가 떨어지거나 골반장기의 허혈을 유발할 수도 있지만, 빠른 시간 내에 색전술이 가능하므로 후속 조치가 빨라져 오히려 환자의 빠른 치료와 회복에 도움을 줄 수 있다.

선택적 혈관조영술에서 혈관 손상의 혈관조영술 소견은 동맥절단(arterial cut-off), 내막 불규칙성 혹은 피판(mural irregularities or flap), 열상(laceration), 혈전증(thrombosis), 박리(dissection), 조영제 혈관외유출(contrast extravasation), 실질내 울혈성 조영제 축적(stagnant intraparenchymal accumulation of contrast), 실질홍조(parenchymal blush), 정맥 혹은 동맥 울혈(stagnant arterial or venous flow), 광범위한 혈관수축(diffuse vasoconstriction), 가성동맥류(pseudoaneurysm), 동정맥루(arteriovenous fistula), 혈관전위(vessel displacement) 등의 다양한 양상을 보인다(33-35). 하지만, 심한 혈관수축이나 혈관의 폐색 등이 있을 때는 혈관 손상에 있음에도 불구하고 조영술 시 위음성을 보일 수 있으므로 주의해야 한다. 장골동맥 분지를 초선택할 때 동축 마이크로 카테터 시스템은 효과적이고 안전하게 색전술을 시행할 수 있도록 하며, 일

Fig. 4. A 25-year-old female involved in a pedestrian accident.

A. CT scan shows active extravasation of contrast agent (arrow) and pelvic hematoma. The patient's initial blood pressure was 60/40 mmHg.

B-D. Confirmatory angiography scans shows a small pseudoaneurysm (white arrow) originating from the right sacral artery (**B**) and diffuse contrast blush (black arrows) associated with the left inferior gluteal artery (**C**), which was successfully treated with transcatheter arterial embolization using Gelfoam (**D**).



반적으로 1.6Fr 내지 2.5Fr까지의 내경을 갖는 마이크로 카테터를 많이 사용하며 이 내경에 따라 사용할 수 있는 미세코일의 직경, 젤라틴 스펀지 입자의 크기 등이 결정되며, 시술자의 판단에 따라 다양한 색전 물질이 사용될 수 있다(2).

성공적인 색전술 이후에 환자의 혈액학적 상태가 개선되어 혈관경련수축이 호전되면서 이전에 보이지 않던 부위에서 출혈이 보이거나 반대편 장골동맥 등에서의 측부순환을 통하여 정중양에 위치한 구조물에서 재출혈이 있을 수 있고, 골반 외의 복부나 흉부의 예기치 못한 부위에서 출혈이 있을 수 있으므로, 색전술 후 지속적으로 혈액학적 상태가 불안정한 경우에는 혈관조영술로 상태를 확인하고 다른 장기에서의 출혈이 없는지 면밀히 확인한 후에 시술을 마쳐야 한다. 또한 골절된 골반뼈가 조각나거나 관통상이 생긴 경우 총장골동맥이나 외장골동맥과 같은 중요한 축동

맥이 손상될 수 있다. 수술 시 출혈 때문에 동맥손상 부위로 접근하기 어렵겠다고 예상되는 경우나 동반된 장기의 손상 없이 혈관손상만 있는 경우 혈관유출 부위나 가성동맥류 또는 혈관폐색 부위를 충분히 덮는 길이의 스텐트 또는 스텐트 그래프트(stent graft)를 설치하여 성공적으로 지혈할 수 있다. 그러나 장기손상이 동반된 경우에는 즉시 외과적 수술을 고려해야 한다(18, 36).

시술 관련 합병증

골반 손상에 의한 활동성 출혈에 대한 성공적인 색전술 후 발생하는 합병증은 다른 부위의 색전술과 비슷하게 경미한 발열, 구토, 오한 등의 색전술 후 증후군이 가장 흔하다. 색전술 후 증후군이 나타나면 수액 공급, 해열제, 구토 방지제, 진통제 등의 보존적인 방법으로 치료가 가능하다. 또한 조영제 부작용이 생길 수 있으며, 불가피하게 조영제를 다량 사용했을 경우 조영제 유발 신장병이 발생할 수 있다. 혈관조영술 및 동맥색전술의 잠재적 합병증은 동맥 천자 부위의 출혈 또는 손상이다. 다른 합병증 중 가장 중요한 것은 장골동맥의 의도하지 않은 부위 또는 다른 부위로 부주의하게 배포되는 색전 물질에 의한 것이다. 이 경우 드물게 시술을 시행 받은 환자의 극소수에서 주로 둔부괴사, 방광괴사, 둔부의 감각이상, 상처의 지연치유 등이 발생할 수 있다. 마지막으로, 시술과 관련한 감염은 빈도가 높게 보고되는 합병증은 아니지만, 응급 시술에서 시술 전 멸균 상태에 대해 종종 간과할 수 있으므로 주의를 기울여야 한다.

결론

골반 외상은 대부분 출혈을 동반하며, 그에 따른 사망률이 높고, 특히 초기 외과적 및 정형외과적 치료에도 불구하고 지속되는 동맥 출혈의 경우 인터벤션 시술은 효과적인 비침습적 치료로 널리 사용되고 있고 조기에 적용되어야 한다. 또한 혈액학적으로 불안정한 환자의 경우 REBOA 등의 응급 시술로 동맥 출혈 속도를 낮출 수 있으며, 색전술을 시행하기 전 시간을 벌 수도 있다. 인터벤션 시술의 기술적 성공률은 매우 높고, 적절한 시기에 치료를 시작할 수 있다면 환자의 생존율을 높이는 데 있어 중요한 역할을 한다. 하지만, 다발성 출혈, 동반된 장기의 손상, 치명적인 합병증 등이 있을 때 임상적 성공률은 상대적으로 낮을 수 있기 때문에 인터벤션 치료는 효과적인 색전술뿐만 아니라, 환자의 소생술에도 도움이 될 수 있도록 하기 위해 외상외과, 정형외과, 마취과, 중환자실 관리 전담의 및 비뇨기과 등 다양한 임상과와 다학제적인 접근을 고려해야 한다.

Author Contributions

Conceptualization, K.J.H.; resources, P.S.; writing—original draft, H.J.H.; and writing—review & editing, H.J.H., P.S.

Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

Funding

None

REFERENCES

1. Magnone S, Coccolini F, Manfredi R, Piazzalunga D, Agazzi R, Arici C, et al. Management of hemodynamically unstable pelvic trauma: results of the first Italian consensus conference (cooperative guidelines of the Italian Society of Surgery, the Italian Association of Hospital Surgeons, the Multi-specialist Italian Society of Young Surgeons, the Italian Society of Emergency Surgery and Trauma, the Italian Society of Anesthesia, Analgesia, Resuscitation and Intensive Care, the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology, the Italian Society of Emergency Medicine, the Italian Society of Medical Radiology -Section of Vascular and Interventional Radiology- and the World Society of Emergency Surgery). *World J Emerg Surg* 2014;9:18
2. Franco DF, Zangan SM. Interventional radiology in pelvic trauma. *Semin Intervent Radiol* 2020;37:44-54
3. Papakostidis C, Kanakaris N, Dimitriou R, Giannoudis PV. The role of arterial embolization in controlling pelvic fracture haemorrhage: a systematic review of the literature. *Eur J Radiol* 2012;81:897-904
4. Kang KS, Lee MS, Kim DR, Kim YH. The role of interventional radiology in treatment of patients with acute trauma: a pictorial essay. *J Korean Soc Radiol* 2021;82:347-358
5. Hallinan JT, Tan CH, Pua U. Emergency computed tomography for acute pelvic trauma: where is the bleeder? *Clin Radiol* 2014;69:529-537
6. Hwang JH. 47 chapter. Pelvic, urethral, and extremity trauma intervention. In: Korean Society of Interventional Radiology, ed. *Interventional radiology*. 3rd ed. Seoul: Ilchokak 2022:641-650
7. Fu CY, Hsieh CH, Wu SC, Chen RJ, Wang YC, Shih CH, et al. Anterior-posterior compression pelvic fracture increases the probability of requirement of bilateral embolization. *Am J Emerg Med* 2013;31:42-49
8. Bramos A, Velmahos GC, Butt UM, Fikry K, Smith RM, Chang Y. Predictors of bleeding from stable pelvic fractures. *Arch Surg* 2011;146:407-411
9. Dyer GS, Vrahas MS. Review of the pathophysiology and acute management of haemorrhage in pelvic fracture. *Injury* 2006;37:602-613
10. Perkins ZB, Maytham GD, Koers L, Bates P, Brohi K, Tai NR. Impact on outcome of a targeted performance improvement programme in haemodynamically unstable patients with a pelvic fracture. *Bone Joint J* 2014;96-B:1090-1097
11. Alton TB, Gee AO. Classifications in brief: young and burgess classification of pelvic ring injuries. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472:2338-2342
12. Yoon W, Kim JK, Jeong YY, Seo JJ, Park JG, Kang HK. Pelvic arterial hemorrhage in patients with pelvic fractures: detection with contrast-enhanced CT. *Radiographics* 2004;24:1591-1605; discussion 1605-1606
13. Tullington JE, Blecker N. *Pelvic trauma*. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing 2023
14. Morrison JJ, Galgon RE, Jansen JO, Cannon JW, Rasmussen TE, Eliason JL. A systematic review of the use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in the management of hemorrhagic shock. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;80:324-334
15. Foster BR, Anderson SW, Soto JA. CT angiography of extremity trauma. *Tech Vasc Interv Radiol* 2006;9:156-166
16. Burkhardt M, Kristen A, Culemann U, Koehler D, Histing T, Holstein JH, et al. Pelvic fracture in multiple trauma: are we still up-to-date with massive fluid resuscitation? *Injury* 2014;45 Suppl 3:S70-S75
17. Tanizaki S, Maeda S, Matano H, Sera M, Nagai H, Ishida H. Time to pelvic embolization for hemodynamically unstable pelvic fractures may affect the survival for delays up to 60 min. *Injury* 2014;45:738-741
18. Lustenberger T, Wutzler S, Störmann P, Laurer H, Marzi I. The role of angio-embolization in the acute treatment concept of severe pelvic ring injuries. *Injury* 2015;46 Suppl 4:S33-S38
19. Nüchtern JV, Hartel MJ, Henes FO, Groth M, Jauch SY, Haegele J, et al. Significance of clinical examination, CT and MRI scan in the diagnosis of posterior pelvic ring fractures. *Injury* 2015;46:315-319
20. Papakostidis C, Giannoudis PV. Pelvic ring injuries with haemodynamic instability: efficacy of pelvic packing, a systematic review. *Injury* 2009;40 Suppl 4:S53-S61
21. Balbachevsky D, Bellotti JC, Doca DG, Jannarelli B, Junior JA, Fernandes HJ, et al. Treatment of pelvic fractures - a national survey. *Injury* 2014;45 Suppl 5:S46-S51
22. Ogura T, Lefor AT, Nakano M, Izawa Y, Morita H. Nonoperative management of hemodynamically unstable abdominal trauma patients with angioembolization and resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *J Trauma Acute Care Surg* 2015;78:132-135
23. Baqué P, Trojani C, Delotte J, Séjor E, Senni-Buratti M, de Baqué F, et al. Anatomical consequences of "open-

- book” pelvic ring disruption: a cadaver experimental study. *Surg Radiol Anat* 2005;27:487-490
24. Smith WR, Moore EE, Osborn P, Agudelo JF, Morgan SJ, Parekh AA, et al. Retroperitoneal packing as a resuscitation technique for hemodynamically unstable patients with pelvic fractures: report of two representative cases and a description of technique. *J Trauma* 2005;59:1510-1514
 25. Stannard A, Eliason JL, Rasmussen TE. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) as an adjunct for hemorrhagic shock. *J Trauma* 2011;71:1869-1872
 26. Martinelli T, Thony F, Decléty P, Sengel C, Broux C, Tonetti J, et al. Intra-aortic balloon occlusion to salvage patients with life-threatening hemorrhagic shocks from pelvic fractures. *J Trauma* 2010;68:942-948
 27. Coccolini F, Stahel PF, Montori G, Biffi W, Horer TM, Catena F, et al. Pelvic trauma: WSES classification and guidelines. *World J Emerg Surg* 2017;12:5
 28. Patel A, Sare A, Shahid MU, Kumar A, Shukla PA. Safety and feasibility of transradial access in patients presenting with traumatic injuries: a single urban center experience. *Vasc Endovascular Surg* 2020;54:665-669
 29. Matsumoto J, Lohman BD, Morimoto K, Ichinose Y, Hattori T, Taira Y. Damage control interventional radiology (DCIR) in prompt and rapid endovascular strategies in trauma occasions (PRESTO): a new paradigm. *Diagn Interv Imaging* 2015;96:687-691
 30. Howell GM, Peitzman AB, Nirula R, Rosengart MR, Alarcon LH, Billiar TR, et al. Delay to therapeutic interventional radiology postinjury: time is of the essence. *J Trauma* 2010;68:1296-1300
 31. Pryor JP, Braslow B, Reilly PM, Gullamondegi O, Hedrick JH, Schwab CW. The evolving role of interventional radiology in trauma care. *J Trauma* 2005;59:102-104
 32. Fisher RG, Ben-Menachem Y, Whigham C. Stab wounds of the renal artery branches: angiographic diagnosis and treatment by embolization. *AJR Am J Roentgenol* 1989;152:1231-1235
 33. Lopera JE. Embolization in trauma: principles and techniques. *Semin Intervent Radiol* 2010;27:14-28
 34. Bauer JR, Ray CE. Transcatheter arterial embolization in the trauma patient: a review. *Semin Intervent Radiol* 2004;21:11-22
 35. Hoffer EK. Transcatheter embolization in the treatment of hemorrhage in pelvic trauma. *Semin Intervent Radiol* 2008;25:281-292
 36. Tanizaki S, Maeda S, Ishida H, Yamamoto T, Yoshikawa J. Clinical characteristics of external iliac artery branch injury in pelvic trauma. *Am J Emerg Med* 2017;35:1636-1638

골반 외상 인터벤션

황정한 · 김정호* · 박수영

골반 외상은 대부분 고에너지 손상을 동반하며, 이에 따른 치명률 및 사망률이 높은 편이다. 관련된 출혈은 대부분 골반내 정맥이 손상되거나 해면골이 골절되어 발생하고 혈종에 의해 안정화되지만, 10%~20%에서 동맥 출혈이 동반되며, 골반 용적이 증가된 상태에서 동맥 출혈이 지속된다면 이로 인한 사망률은 36%~54%까지 증가한다. 골반의 해부학적 구조상 다양하고 풍부한 혈관이 분포되어 있고, 골반 외상 환자 대부분이 많은 양의 혈종을 동반하기 때문에, 수술적 치료는 시야 확보의 어려움과 눌림 효과에 따른 지혈효과를 없애 출혈을 더 조장할 수 있어, 1차적으로 인터벤션 치료가 권고되고 있다. 또한 출혈의 위치가 대부분 골절된 부분이기 때문에 CT를 통해 시술 전 출혈 부위를 특정하여 빠른 시간 내에 출혈에 대한 색전술을 시행할 수 있다. 이처럼 올바른 진단과 치료를 동시에 할 수 있다는 장점으로 인해 골반 외상 환자에 있어 인터벤션 치료는 중추적인 역할을 담당하고 있다. 본 연구에서는 문헌 고찰을 통해 골반 외상에 대한 올바른 진단 및 인터벤션 치료의 유용성과 고려 사항에 대해 알아보려고 한다.

가천대학교 의과대학 길병원 영상의학과